

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA VÝROBNÍCH STROJŮ A KONSTRUOVÁNÍ

Samosvorné kleště

Self-locking Tongs

Student:

Ondřej Vajda

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Vajda**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje  
Téma: Samosvorné kleště  
Self-locking Tongs

Zásady pro vypracování:

Zpracujte rešerši uchopovacích prostředků a navrhnete samosvorné kleště pro max. břemeno 1000 kg a max. rozevření kleští 400 mm. Rozsah rozevření volte 100 mm. Zpracujte kinematickou analýzu kleští pro minimální stavební výšku, navrhnete rozměry kleští a doplňte potřebné silové výpočty. Zpracujte dílenský výkres vybrané součásti.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119s.

CVEKL, Z. – DRAŽAN, F. *Teoretické základy transportních zařízení*. 1. vydání, Praha: SNTL, 1976. 319s.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Josef Jurman, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 14. 5. 2015 .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 14. 5. 2015

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Ondřej Vajda

Adresa trvalého bydliště autora práce: Závašice 264

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VAJDA, O. *Samosvorné kleště : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2015, 62 s. Vedoucí práce : Jurman, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem samosvorných kleští. V úvodu jsou rozděleny vázací a uchopovací prostředky z hlediska konstrukčního provedení a ovládání. Dále jsou v této práci popsány jednotlivé uchopovací prostředky. Jako další je v této práci samotný návrh samosvorných kleští, výpočet všech sil působících na ramena a čepy kleští. Tento návrh je podroben kinematické analýze pro minimální stavební výšku kleští, kterou ovlivníme změnou vzdáleností čepů a změnou úhlu  $\alpha$ . Porovnáním obou analýz docházíme k závěru, že kladně ovlivní minimální stavební výšku kleští zmenšení vzdálenosti čepů a snížení velikosti úhlu  $\alpha$ .

## THE ANNOTATION OF THE BACHELOR THESIS

VAJDA, O. *Self-locking Tongs : the bachelor thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machine and Design, 2015, 62 p. Thesis head : Jurman, J.

Bachelor thesis is dealing with design of self-locking pliers. In the introduction are divided binding and gripping tools in terms of structural design and control. Furthermore, this thesis describes various gripping tools. As another point in this Bachelor thesis is described whole design of self-locking pliers, calculation of forces acting on the pliers arms and pliers pins. The proposal is submitted to kinematic analysis of minimum building height of the pliers which is affected by the distance change between the pins and by changing the angle  $\alpha$ . Based on comparison of both analyzes, reducing of the distance between the pins and reducing of the angle  $\alpha$  has positive affect on the minimum building height of the pliers.

# Obsah

1	Úvod .....	10
2	Prostředky pro uchopení břemen .....	11
2.1	Uchopovací prostředky jeřábů .....	11
2.1.1	Jeřábové háky .....	12
2.2	Vazáky.....	13
2.2.1	Řetězové vazáky .....	14
2.2.2	Ocelové lanové vazáky .....	14
2.2.3	Vazáky z konopných lan.....	14
2.2.4	Lana a popruhy z chemicky zhotovených vláken .....	14
2.3	Traverzy .....	15
	Druhy traverz.....	16
2.4	Závěsy .....	18
2.5	C-háky .....	19
	Dělení C-háků. ....	19
2.6	Svěrky .....	20
	Druhy svěrek:.....	20
2.7	Přísavné a vakuové zařízení.....	22
2.8	Břemenové magnety .....	24
2.9	Dopravní nádoby .....	26
2.10	Drapáky.....	27
2.10.1	Drapáky jednolanové.....	27
2.10.2	Drapáky dvoulanové.....	27
2.10.3	Drapáky motorické .....	28
2.11	Kleště .....	30
3	Konstrukční návrh samosvorných kleští .....	32
3.1	Kontrola svěrné síly a uvolnění břemene pro maximální rozměr břemene.....	33
3.1.1	Výpočet sil pro horní rameno kleští .....	34
3.1.2	Výpočet sil pro spodní rameno kleští .....	35
3.2	Kontrola svěrné síly a uvolnění břemene pro minimální rozměr břemene .....	37
3.2.1	Výpočet sil pro horní rameno kleští .....	39
3.2.2	Výpočet sil pro spodní rameno kleští .....	40
4	Kontrola čepů .....	42

4.1	Kontrola čepu č.1.....	43
4.2	Kontrola čepu č.2.....	45
4.3	Kontrola čepu č.3.....	46
4.4	Kontrola čepu č.4.....	47
5	Kinematická analýza pro minimální stavební výšku .....	49
5.1	Vliv vzdálenosti čepů na stavební výšku.....	49
5.2	Vliv úhlu $\alpha$ na stavební výšku .....	54
6	Závěr .....	60
7	Seznam použité literatury .....	61
8	Přílohy.....	62

## Seznam použitého označení a symbolů

$A$	vzdálenost mezi čepy domku a horního ramene	[mm]
$A_0$	počáteční vzdálenost	[mm]
$B$	výška uchopení břemene	[mm]
$C$	vzdálenost od čepu domku k čelisti	[mm]
$D$	rozteč čepů v domku	[mm]
$E$	rozteč čepů horních ramen	[mm]
$E_0$	počáteční rozteč čepů horních ramen	[mm]
$F$	síla	[N]
$F_H$	síla působící v čepu domku	[N]
$F_H$	síla působící v čepu domku	[N]
$F_N$	svěrná síla	[N]
$F_{NMIN}$	minimální svěrná síla	[N]
$F_V$	výslednice sil	[N]
$F_Z$	síla působící v horním rameni	[N]
$G$	tíhová síla	[N]
$K$	pomocný rozměr	[mm]
$M_O$	ohybový moment	[N·mm]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$S$	průřez	[mm <sup>2</sup> ]
$W_O$	průřezový modul v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$X$	stavební výška kleští	[mm]
$X_1$	výška	[mm]
$Z$	pomocný rozměr	[mm]
$a$	pomocný rozměr	[mm]
$b$	tloušťka materiálu	[mm]



$c$	velikost posunutí čepů	[mm]
$d$	průměr	[mm]
$f$	součinitel tření	[-]
$g$	gravitační konstanta	[m·s <sup>-2</sup> ]
$k$	koeficient bezpečnosti	[-]
$m$	hmotnost břemene	[kg]
$p_1$	tlak na otlačení	[MPa]
$p_2$	tlak na otlačení	[MPa]
$p_D$	dovolené napětí v tlaku	[MPa]
$\alpha$	úhel sevření ramen	[°]
$\beta$	pomocný úhel	[°]
$\gamma$	pomocný úhel	[°]
$\sigma_o$	normálové napětí	[MPa]
$\sigma_{oD}$	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
$\pi$	konstanta	[-]
$\tau_s$	smykové napětí	[MPa]
$\tau_{sD}$	dovolené napětí ve střihu	[MPa]

# 1 Úvod

Technická úroveň, provedení a kvalita vázacích prostředku má vliv nejen na produktivitu práce, ale hlavně na bezpečnost práce.

Rychlost připevnění břemen a díky tomu i rychlost celého manipulačního procesu závisí na volbě účelných prostředků pro jejich uchopení. Vázací, uchopovací a závěsné prostředky by neměly poškozovat sebe ani břemeno, mít malou vlastní hmotnost a také by měly vyžadovat minimální práci obsluhy. U těchto prostředků je také kladen velký důraz na bezpečnost provozu.

Z hlediska ovládání a konstrukčního provedení je dělíme:

- ruční – lana, řetězy, traverzy, popruhy,
- mechanické – samosvorné kleště, drapáky apod.,
- automatické – elektromagnety, přísavky apod.

## 2 Prostředky pro uchopení břemen

Volba vhodných prostředků pro uchopení břemen, ovlivňuje rychlost připevnění břemen a takto i rychlost celého manipulačního procesu. Rozlišujeme prostředky sloužící k uchopení břemen pro sypné materiály a pro jednotlivá břemena. Ve specifických případech jsou některé prostředky použitelné pro oba druhy.

Pro jednotlivá břemena lze použít vázací lana a řetězy, traverzy, závěsy, kleště a drapáky se zvlášť upravenými čelistmi. U sypných materiálů používáme nádoby a čelist'ové drapáky.

Důležité při uchopení břemen a u nabrání sypných materiálů je, aby proces byl snadný a rychlý, vyžadoval co nejméně lidské práce. Dále je důležité bezpečí, břemeno se nesmí poškozovat a hmotnost tohoto zařízení musí být co nejmenší.

Uchopovat břemena lze těmito způsoby:

- ručně,
- mechanizovaně,
- automaticky.

Ruční uchopení pomocí vazáků, traverz, třecími držáky a některými jednoúčelovými zařízeními pro uchopení. Samosvorné kleště a drapáky řadíme do mechanizovaného způsobu uchopení. K automatickému způsobu uchopení nám slouží například elektromagnety a přísavky.

### 2.1 Uchopovací prostředky jeřábů

Prostředky pro zavěšení nebo uchopení břemen se aplikují tam, kde nemůžeme břemena technicky, hospodárně anebo bezpečně uvázat pomocí vazacích prostředků. Jde především o břemena, která mají buďto složitý tvar, jsou manipulována v nevhodném prostředí, jsou nevhodné konzistence, jsou přepravována v hromadné výrobě anebo mohou ohrozit bezpečnost obsluhy popřípadě provozu.

Prostředky pro uchopování břemen mohou být odnímatelné a neodnímatelné. Odnímatelné se zavěšují na hák jeřábů, zde řadíme magnety, drapáky, kleštiny, pánve a traverzy. Neodnímatelné prostředky jsou trvalou součástí jeřábů například traverzy, chapadla a kleště.

Uchopovací prostředky jeřábů je možné rozdělit na jeřábové háky, hákové kladnice a traverzy, závěsy, kleště, břemenové magnety, dopravní nádoby, drapáky a přísavné a vakuové uchopovací prostředky.

Všechny prostředky k zavěšení, vázání, nebo k uchopení břemen, pokud nejsou součástí zdvihacího zařízení, musí být výrobcem označeny základní nosností. Musí být udržovány, kontrolovány a zkoušeny dle uvedené normy. Výhradně prostředky pro zavěšení nebo uchopení pokud jsou stálou součástí zdvihacího zařízení, se kontrolují a zkoušejí spolu se zdvihacím zařízením.

### **2.1.1 Jeřábové háky**

Jeřábové háky dělíme na:

- jednoduché,
- dvojité,
- lamelové,
- a pánvové.

Jednoduché jeřábové háky jsou opatřeny závitovou čelistí a dříkem pro uložení háku v kladnici a části zakřivenou pro zachycení břemene a to přímo nebo úvazkem. Tyto háky jsou využívány do nosnosti 32 tun, jsou vyráběny zápusťkovým kovááním, proto jsou monolitické. Materiálem je ocel, po tepelném zpracování musí být háky podrobeny nedestruktivním zkouškám.

Dvojitě jeřábové háky jsou opatřeny závitovou částí přecházející do dříku a dvojitou zakřivenou částí, která navazuje na zakřivený dřík. Dvojitě jeřábové háky jsou normalizované do nosnosti 125 tun.

Lamelové jeřábové háky využíváme při nosnosti vyšší než 125 tun. Hák je složen z několika lamel, které jsou obroušené a nýtované anebo v oblasti závěsného oka svařované. U tohoto druhu háku je menší nebezpečí výskytu skrytých vad.

Jeřábové háky pánvové jsou jednoduché lamelové háky s okem. Slouží k přenášení pánví s tekutým surovým železem nebo ocelí. Tyto háky bývají uzpůsobeny jednotlivým pánvím a to hlavně jejich výšce, průměru a světlé délce čepu.



Obrázek 2.1 - Jeřábové háky [2]

## 2.2 Vazáky

Jako vazáky můžeme používat řetězy, lana a popruhy. Vazáky slouží k zavěšení břemen buďto přímo na hák jeřábu nebo na pomocný mezičlánek.

Podmínka použití těchto vazáků je, že břemeno svým tvarem a tuhostí umožňuje bezpečné uvázání. Vázací prostředek má být ve všech svých částech rovnoměrně zatížen. Těžiště břemene by mělo být před uvázáním pod osou závěsu. Pokud má vazací prostředek tři nebo více pramenů, je nutno považovat pouze dva za nosné, pokud není spolehlivě zajištěno rovnoměrné zatížení všech pramenů vazacího prostředku.

Sklon napnutých vazáků má být větší než 30 stupňů k vodorovné rovině. Při zavěšení břemen na šikmých vazacích je nutné uvážit zvětšenou osovou sílu ve vazáku a vodorovnou složku, která namáhá vzpěrem zavěšené břemeno.

### **2.2.1 Řetězové vazáky**

Jako řetězové vazáky se používají nekalibrované článkové řetězy opatřené na konci oky nebo háky, méně obvyklé jsou uzavřené řetězy. Na výrobu vazacích prostředků je možné použít jen zkoušené řetězy. V těchto případech se nedoporučuje používat dlouhočlánkové řetězy, kdy by byly namáhány články ohybem. Řetězy se uplatňují zvláště k vázání těžších břemen, u kterých vzhledem k hranám a malým zaoblením není možné použít lana. [2]

### **2.2.2 Ocelové lanové vazáky**

Tyto lana se používají o pevnosti od 1300 do 1800 N.mm<sup>-2</sup>. Nejčastější jsou lana o pevnosti drátu 1600 N.mm<sup>-2</sup> s protisměrným vinutím, která se při zatížení tak snadno neroztáčí jako stejnosměrná lana a jsou méně náchylná ke tvoření smyček. Vazací lana se opatřují buď na koncích oky, nebo jsou uzavřena. Používají se na těžší břemena zaobleného tvaru. Vazací lana je nutné kontrolovat na opotřebení.

### **2.2.3 Vazáky z konopných lan**

Vazáky z konopných lan musí být vždy zhotoveny z jednoho kusu. Lana jsou zakončena buď oky, nebo jsou nekončitá. Použití je především u břemen, u kterých je nebezpečí poškození povrchu.

### **2.2.4 Lana a popruhy z chemicky zhotovených vláken**

Musí být vždy zhotoveny z jednoho kusu a materiálů, u kterých je jmenovitá pevnost zaručena výrobcem. Lana jsou zakončena oky na obou koncích, jako nekončitá anebo jako popruhy. Použití je obdobné jako u konopných vazacích prostředků.



Obrázek 2.2 – Vazáky [1]

## 2.3 Traverzy

Traverzy jsou určeny k jeřábové manipulaci s dlouhými břemeny. Pokud je tíha břemene větší než nosnost jednoho jeřábu, používá se traverza jako pomocná složka při spolupráci dvou jeřábů. Když se použijí dva jeřáby nebo kočky různé nosnosti, poté je nutné určit polohu místa zavěšení břemene na traverze.

Traverza je tvořena horním závěsem pro zavěšení na hák jeřábu, nosnou konstrukcí a spodními závěsy pro zavěšení břemen. Břemeno je nesené několika háky nebo také chapadly a magnety. Traverzy jsou buď odnímatelné, zavěšené obvykle na hák kladnice, nebo neodnímatelné, zavěšené přímo na lanech jeřábu. Traverzy mohou mít nosnost v desítkách kilogramů, ale také i stovky tun.



Obrázek 2.3 – Pevná traverza [3]

Druhy traverz.

- Pevné traverzy - pozici spodních závěsů nelze měnit.
- Stavitelné traverzy – rozpětí závěsů je možno měnit.
- Teleskopické traverzy – skládají se ze dvou hlavních částí: středové traverzy a výsuvných ramen. Vysouvání ramen je manuální, elektromotorické nebo elektrohydraulické. Hlavní přednost teleskopických traverz je možnost upravení délky traverzy podle délky převáženého břemene.
- Traverzy s točnou – umožňují otáčení břemen kolem vertikální osy. Pohon otáčení je buď manuální, nebo elektromotorický.
- Magnetické traverzy - používají elektropernamentní nebo elektromagnety, rychlá a efektivní manipulace s břemeny z magnetického materiálu.
- Křížové traverzy – používají se pro jeřábovou manipulaci s vaky. Traverza se skládá ze dvou navzájem kolmých nosníků, které mají ve svém středu závěsné oko pro zavěšení na hák jeřábu.



- H – traverzy – jsou tvořeny jednou podélnou traverzou a dvěma nebo více příčnými traverzami, které mohou být pevné nebo stavitelné
- Traverzy s lamelovými háky – používají se k transportu a otáčení pánví s tekutým kovem. Skládají se z traverzy, křížových závěsů a lamelových háků a bývají také vybaveny vážicím systémem.
- Traverzy vyvažovací – posunutím závěsného oka mění těžiště traverzy. Vyvažování provádíme ručně nebo motoricky.
- Speciální traverzy – traverzy pro manipulaci s panely, traverzy rámové pro transport forem, traverzy na gitterboxy.



Obrázek 2.4 – Traverza s točnou [3]

## 2.4 Závěsy

Závěsy se používají pro manipulaci s kusovými břemeny, nebo manipulačními jednotkami (paletami).

Závěsy dělíme podle provedení na:

- samovyvažovací závěsy,
- vyvažované převěšováním.



Obrázek 2.5 – Závěs samovyvažovací vlevo a závěs vyvažovaný převěšením vpravo [1]

Samovyvažovací závěsy jsou určeny k manipulaci s paletami pomocí jeřábů s hákem. Tento typ závěsů samočinně a technicky bezpečně vyvažují polohu těžiště prázdného i zatíženého závěsu. Samovyvažovací závěsy jsou vyráběny skládací, popřípadě pevné konstrukce. Nosnost těchto závěsů je 1500 až 2000 kg a délka vidlic 800 až 1180 mm. [4]

Závěsy vyvažované převěšováním jsou určeny k manipulaci s paletami pomocí jeřábů s hákem. U tohoto provedení se oko závěsů přesouvá do různých poloh a tím vyvažuje polohu těžiště. Oko závěsu se mezi polohami přesouvá pomocí zdvihadla. Výhodou je nižší výška při stejné výšce nákladu než samovyvažovací závěsy. Nosnost těchto závěsů je do 2000 kg. [4]

## 2.5 C-háky

C-háky jsou uchopovací prostředky používající se k manipulaci, překlápění svitku plechu, svitku drátů, trubek či břemen obdobných tvarů. Nosná plocha vidlice a zadní opěrná část bývá opatřena ochranným materiálem, který zabraňuje poškození manipulovaného materiálu. V horní části C – háku je situován závěs, jehož provedení, tvar a velikost záleží na provedení háku, na kterém bude zavěšen. C-hák může být také zavěšen pomocí dvouramenného řetězového závěsu.



Obrázek 2.6 – C-hák [3]

Dělení C-háků.

- Jednoduché – poloha těžiště se zde vyrovnává pomocí převěšování. Jeřábový hák C – háku nezatíženého se pohybuje v pozici nad těžištěm a po uchopení břemene se jeřábový hák nad těžiště převěsí.
- Vyvážené – jsou vybaveny protizávažím, které zajišťuje náležitou polohu těžiště. Těžiště je u zatíženého i nezatíženého C-háku ve stejné poloze.

- Překlápěcí – jsou určeny k zvedání a překlápění svitků. Uchopovací část C-háku je vybavena sklopným lůžkem tvaru písmene L, tímto lůžkem uchopí svitek za vnitřní hranu vnitřního průměru svitku. Při dalším zvedání se svitek opírá o svou opačnou vnější hranu a překlápí se z horizontální polohy do polohy vertikální. Podmínkou překlápění je, že vnitřní průměr svitku  $d$  musí být o 30% větší než šířka svitku  $b$ .
- Speciální – C-háky pro vykládku kontejnerů umožňují vykládku a nakládku kontejnerů, kde je možnost provedení nakládky a vykládky pouze čelní stranou.
- C-háky s elektromotorickou točnou dovolují kontrolovaně otáčet C-háky okolo svislé osy. Hlavní využití mají tyto C-háky v provozech a skladech, kde jsou svitky skladovány v různých směrech.

## 2.6 Svěrky

V současnosti se nejčastěji svěrky používají pro uchopení a otáčení ocelových plechů a konstrukcí. Svorky mají dvě čelisti, jednu pohyblivou a druhou pevnou, čímž se liší od kleští. Poměrně malé rozevření čelistí umožňuje aplikaci svěrek pouze pro uchopení plochých břemen, hlavně plechů. Nutného přitlaku pohyblivé čelisti svěrky se dosahuje buďto jako u kleští jednoduchým pákovým převodem nebo s pomocí šroubu a klínovými či excentrickými svěrkami.

Druhy svěrek:

- Svěrky horizontální – používají se pro přepravu plechů ve vodorovné poloze. Svěrky se používají v páru nebo dohromady s jeřábovou traverzou, můžeme aplikovat několik párů svěrek najednou. Plechy transportovány těmito svěrkami by se měly co nejméně prohýbat. Aby svěrky nepoškodily přepravované břemeno, bývají čelisti opatřeny ochranným materiálem. Některé svěrky jsou vybaveny pružinou, která zabraňuje vyklouznutí plechu před začátkem zdvihání.

- Svěrky vertikální – používají se na zdvihání, otáčení a na svislou přepravu ocelových plechů a konstrukcí. Svěrky mohou zvedat pouze jeden plech. Při manipulaci s delšími plechy se svěrky používají v párech, zavěšené na stejné traverze.
- Speciální svěrky – používají se pro přepravu a zvedání nosníku různých profilů, také kovových sudů a betonových skruží. Tyto svěrky jsou většinou jednoúčelové. Svěrky jsou osazeny kloubovým či výkyvným závěsem.

Vertikální svěrky můžeme ještě dělit podle:

- Svíracího mechanismu.

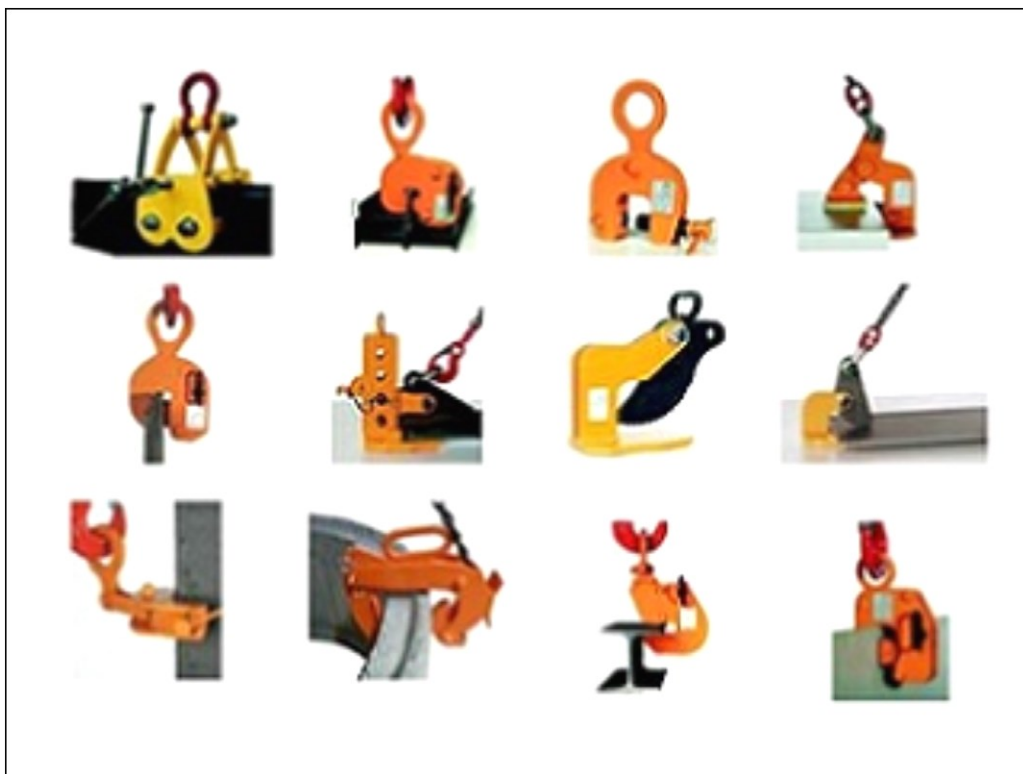
Svěrky s pružinovým předpětím – jsou osazeny bezpečnostní pojistkou, ovládají se otočným segmentem, blokování otevřené i zavřené polohy.

Šroubové svěrky – břemeno je zaklíněno pomocí vypouklé přítlačné desky

- Podle typu závěsu

Výkyvný závěs – je zde povoleno boční zatížení do maximálního úhlu  $10^\circ$ .

Kloubový závěs – dovoluje manipulovat se svěrkou v příčné i podélné ose zavěšení, dovoluje šikmé zatížení až do úhlu  $90^\circ$ .



Obrázek 2.7 – Svěrky [1]

## 2.7 Přísavné a vakuové zařízení

Vývoj přísavek způsobil stále větší využití přísavek při dopravě plechů, desek, skleněných tabulí, plastových desek, broušeného mramoru nebo žuly a podobně. Výhoda vakuových manipulátorů je, že umožňuje odebrání jednotlivých tabulí plechů i z nemagnetických materiálů bez poškození. Díky tomu, že je možná úprava přísavky dle tvaru materiálu, je s přísavkami možno dopravovat například i zaoblené stěny nádrží či potrubí. V současnosti se běžně vyrábějí pro nosnosti od 2 do 2 000 kilogramů. Průměr jedné přísavky se volí maximálně 500 milimetrů, u tohoto je omezujícím faktorem pevnost těsnícího materiálu. [2]

Podtlak je vytvořen účinkem břemene a pro manipulátor tak není zapotřebí cizí zdroj energie. Vakuové manipulátory je možné použít na všech zdvihacích zařízeních.

Manipulátor se spustí na břemeno až do uvolnění závěsného řetězu, uvnitř se automaticky otevře sací ventil, který při následném zvedání táhne za píst manipulátoru, čímž dojde k vytvoření podtlaku, který je k zapotřebí k zvednutí břemene. Čím větší je hmotnost břemene,

tím větší podtlak se vytvoří. Při odkládání břemene se uvolní závěs, čímž dojde k automatickému uzavření sacího ventilu. Při dalším zvedání jeřábového háku je manipulátor uvolněn od břemene. Vakuové manipulátory jsou vybaveny podtlakovým manometrem, který udává dosažený podtlak. Navíc jsou opatřeny opticko-akustickou signalizací, která při poklesu tlaku upozorní obsluhu.

Toto zařízení se skládá z nosného rámu zavěšeného na hák jeřábu, který lze zavěsit a dle potřeby přestavit jednotlivé přísavky. Počet přísavek je proporcionální velikosti zatížení. Přísavky se umísťují horizontálně i vertikálně.



Obrázek 2.8 – Vakuový manipulátor [1]

Rozdělní vakuových uchopovacích zařízení podle konstrukce:

- desková,
- kotoučová,
- s jednou přísavkou.

U deskových vakuových uchopovacích zařízení je použito obdélníkových desek a sklopného závěsu, přeprava u tohoto typu je možná ve svislé i vodorovné poloze. Kotoučové

řešení má kromě rámu a závěsu řadu přísavných kotoučů. Řešení s jednou přísavkou slouží pro dopravu lehčích předmětů.

Předpokladem aplikace těchto vakuových chapadel je dostatečně velká nepropustná, upínací plocha, která umožňuje dodržet stanovenou bezpečnost při dané hmotnosti břemena.

Při volbě vakuových chapadel je nutné zvážit výhody a nevýhody pro tento druh provozu. Tyto výhody a nevýhody jsou uvedeny v Tab.1.

Tabulka 1

Výhody	Nevýhody
Nedochází k deformaci ani poškození povrchu břemene opatřeného nátěrem	Je možné použít jen pro břemena nepropustných materiálů
Nenastává zmagnetování, což je nevýhoda použití břemenových elektromagnetů	Elektro-vakuové manipulátory musí mít přívod elektrické energie
Umožňuje odebrání po jednom kuse ze stohu, tzv. listování	Nosnost je omezena velikostí přísavné plochy a dosaženým podtlakem
Vzhledem k vážení a zavěšování břemene je práce podstatně rychlejší a odpadá i fyzická námaha pracovníka	Nelze jich použít u břemen s členěným povrchem
V některých případech stačí pro obsluhu řidič jeřábu	

Zdroj: JANDOŠ, V.; *Manipulační zařízení*. 1. vydání. Bratislava: ALFA, 1981, s. 131.

Aby bylo zařízení vhodně voleno, je nutný technický i ekonomický rozbor a následné srovnání s jinými zařízeními.

## 2.8 Břemenové magnety

Břemenové magnety jsou používány například k manipulaci se surovým železem, šrotem, plechy, bloky. Tyto magnety se vyrábějí v provedení kruhovém, obdélníkovém, s pohyblivými póly, kde patří tzv. drapákové elektromagnety. Drapákové elektromagnety



mají čelisti, které při uchycení vnikají do materiálu, pomáhají nabrání a také částečně drží materiál během dopravy. Břemenové magnety jsou konstruovány z ocelolitinových těles, které mají vytvořeny komůrky pro uložení cívek s póly. Tyto cívky jsou jednoduché, eventuálně dvojité vinuté z mědi anebo z hliníku. Aby opotřebením dosedací plochy bylo co nejmenší, vyrábí se z bronzu nebo manganové oceli. Vyrábějí se pro stejnosměrný proud 110 až 500 V, pro maximální nosnost 20 až 30 tun. Díky přívodu elektrického proudu se v elektromagnetu vytvoří magnetické pole, jehož siločáry procházejí mezi jádrem cívky, tělesem magnetu a zdvihaným předmětem. Největší nosnost magnetu je u kompaktních bloků, u šrotu nebo třísek jeho nosnost značně klesá. Nosnost elektromagnetu se předepisuje 20 % z maximální hmotnosti břemene, které magnet stále udrží. Hmotnost je značně závislá na tvaru a velikosti zdvihaných břemen.

Hlavní rozdělení:

- permanentní magnety – pro břemena do 500kg,
- elektro – permanentní magnety – manipulace pouze s jednotlivými plechy,
- elektromagnet - pro manipulaci se svazky a plechy větších délek a hmotnosti.

Minimální tloušťka plechu pro manipulaci s elektro-permanentními magnety je 4 mm, pokud jsou jednotlivé plechy proloženy tak 2 mm. Výhoda těchto magnetů je, že nepotřebují záložní zdroj při výpadku elektrického proudu.

Proud u elektro-permanentních a elektromagnetů je přiváděn kabelem, který je při zvedání a spouštění břemene navíjen na takzvaný kabelový buben, jehož pohyb je odvíjen od zdvihového mechanismu. Také můžeme použít i buben se zabudovanou pružinou, který nepotřebuje zvláštního poháněcího mechanismu a udržuje kabel mírně napjatý. V bubnu je zabudován kruhový sběrač, který přivádí proud z pevného přívodu do kabelu.

Elektromagnety se používají i k manipulaci horkých materiálů a to teplot 400 až 500 °C, občas se zvláštní ochranou proti sálavému teplu i do 600 °C. Při teplotě nad 600 °C klesají magnetické vlastnosti oceli.

Magnety s pohyblivými póly, nebo pólovými nástavci se můžou přizpůsobit malým rozdílům a nepravidelnostem břemene a zvýšit jejich účinnost.



Obrázek 2.9 – Břemenový magnet [3]

## 2.9 Dopravní nádoby

Nádoby se používají pro dopravu sypkých materiálů. Materiál musí být do nádob nasypán. Vyprazdňování nádob je mechanizované. Možnost zavěšení nádob je buď přímo na hák jeřábu, kladkostroje, nebo se využívají k zavěšení dvě lana – závěsné a zavírací.

Nejčastěji používané nádoby.

- Nádoby ovládané zdvihadlem – skládají se z kuželovité spodní části, uzavřené kuželovým zvonem spojeným s táhlem pro zavěšení na jednoduchý hák.
- Nádoby ovládané dvoububnovým mechanismem – nádoby tvoří dvě části spojeny čepy, které jsou zavěšeny na přídržné a zavírací traverze. K ovládání traverz slouží dvoububnový drapákový zvedací mechanismus. Z přídržného bubnu vedou lana, na kterých je zavěšena přídržná traverze. Ze zavíracího bubnu vedou lana k zavírací traverze. Nádoby se zvedají současným navíjením obou bubnů. Je důležité, aby oba systémy měly stejnou rychlost navíjení.
- Nádoby vyprazdňující se překlopením - méně časté nádoby, jsou zavěšené přímo na hák jeřábu, vyprazdňují se překlopením, stávají se do obsahu  $0,5 \text{ m}^3$ . [2], [4]

## 2.10 Drapáky

Vhodné pro manipulaci se sypkým materiálem. Na rozdíl od nádob si drapák nakládá materiál do svých čelistí automaticky. Při vhodné úpravě čelistí možnost uchopení i některých kusových břemen.

Dle způsobu ovládání otevírání a zavírání čelistí rozdělujeme drapáky na lanové a motorové.

### 2.10.1 Drapáky jednolanové

Otevírání a zavírání čelistí je ovládáno jedním lanem. Jsou konstrukčně složitější, mají větší hmotnost při stejném objemu a pracují pomaleji než dvoulanové drapáky. Dobré uplatnění při hloubení otvorů do země. V současné době se používají jen zřídka.

### 2.10.2 Drapáky dvoulanové

Tento drapák má dva systémy lan, lana zavírací a lana přídržná. Pro ovládání dvoulanového drapáku je potřeba dvoububnový mechanismus. Drapák je složen z horní hlavy, která nese pevné kladky kladkostroje se záchyty volných konců lan, otočné čepy čtyř závěsných táhel drapáku, vodítka pro zavírací lana a závěs pro lana přídržná. Spodní hlava nese volné kladky kladkostroje a závěsné čepy drapákových čelistí. Drapáková ramena mají závěsná oka pro táhla a jsou opatřena noži z tvrdšího materiálu, a to kvůli, ochrany hran před opotřebením. Zavírací lana jsou upevněna v horní hlavě, jsou protažena kladkami v horní a spodní hlavě, a vycházející pak vodítka v horní hlavě ven z drapáku na zavírací buben zdvihového mechanismu. Lana přídržná jsou upevněna oky na vahadlovém závěsu v horní hlavě, zde přecházejí přímo na otvírací buben zdvihového mechanismu. Zabrzděním přídržného bubnu a odvíjením zavíracího lana z bubnu zavíracího se spodní hlava spouští a díky tomu drapák tíhou této hlavy své čelisti otevírá. V této poloze se drapák pokládá na sypký materiál. Při zastaveném přídržném bubnu a uvolněných lanech se uvede do chodu zavírací buben a tahem zavíracího lana mezi kladkami v horní a spodní hlavě se drapák zavírá a plní materiál. [2]

### 2.10.3 Drapáky motorické

Motorický drapák má pouze spodní hlavu a drapáková ramena. Ve spodní hlavě se nachází elektromotor, který mechanickým nebo hydraulickým převodem otevírá a zavírá drapáková ramena. Tento drapák je možné zavěsit na jednoduché jednobubnové zdvihadlo a například za pomoci háku. Přívod proudu je zajišťován kabelem a kabelovým bubnem.

Elektromotor ovládá prostřednictvím převodů pohyb čelistí, dle tohoto rozdělujeme motorické drapáky do tří skupin:

- motorové drapáky s lanovým a řetězovým převodem,
- motorové drapáky s ozubeným a šroubovým převodem,
- hydraulické drapáky.

U motorových drapáků s lanovým převodem jsou čelisti ovládány pomocí lana, navíjeného na buben, který je poháněn elektromotorem.

Drapáky s ozubeným a šroubovým převodem pohání elektromotor, který přes převod otáčí šroubem na koncích s pravým a levým závitem, který zabírá do matic umístěných na čelistech. Dle směru otáčení se čelisti drapáků zavírají nebo otevírají.

Hydraulické drapáky mají čerpadlo poháněné elektromotorem, které dodává olej pod tlakem do hydraulických válců. Pohybem pístu jsou čelisti zavírány nebo otevírány. Tyto drapáky jsou dnes jedny z nejpoužívanějších. [2], [4]



Obrázek 2.10 – Hydraulický drapák [3]



Obrázek 2.11– Polypový drapák [3]

## 2.11 Kleště

Jsou určeny pro závěsnou manipulaci různých břemen. Kleště svírají břemeno pohyblivými čelistmi, svírací síla je zvětšena pákovým převodem. Hodí se především pro soudržná jednotlivá břemena, jako například profilová ocel, skruže, bedny, sudy, betonové kvádry atd. Kleště můžeme dělit dle způsobu uchopení na vnější a vnitřní, dále pak dle způsobu manipulace na přenos a otáčení a také podle způsobu zajištění v otevřené poloze samojistnou páčkou nebo samočinnou automatikou. Samočinná automatika umožňuje bezobslužnou manipulaci, kdežto samojistná páčka musí být odjištěna, nebo zajištěna obsluhou.

Základní dva typy kleští:

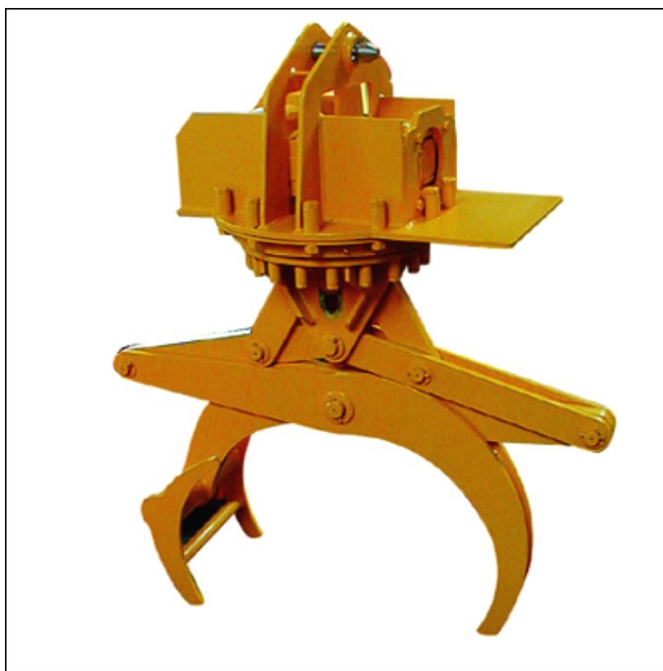
- kleště neovládané,
- kleště ovládané.

Neovládané kleště se používají obvykle pro manipulaci se studenými břemeny. Kleštiny jsou manuálně rozevírány po usazení na břemeno.

Ovládané kleště se skládají ze svislé duté roury nesené vodícím příčnickem, která je a konci vybavený ocelolitinovou hlavou, kde se v šikmých výřezech pohybují kleštinové čepy.

Abychom mohli použít samosvorné kleště, musí být splněny následující podmínky:

- dostatečný prostor okolo břemene,
- možnost dosednutí na břemeno a odlehčení zavěšení.



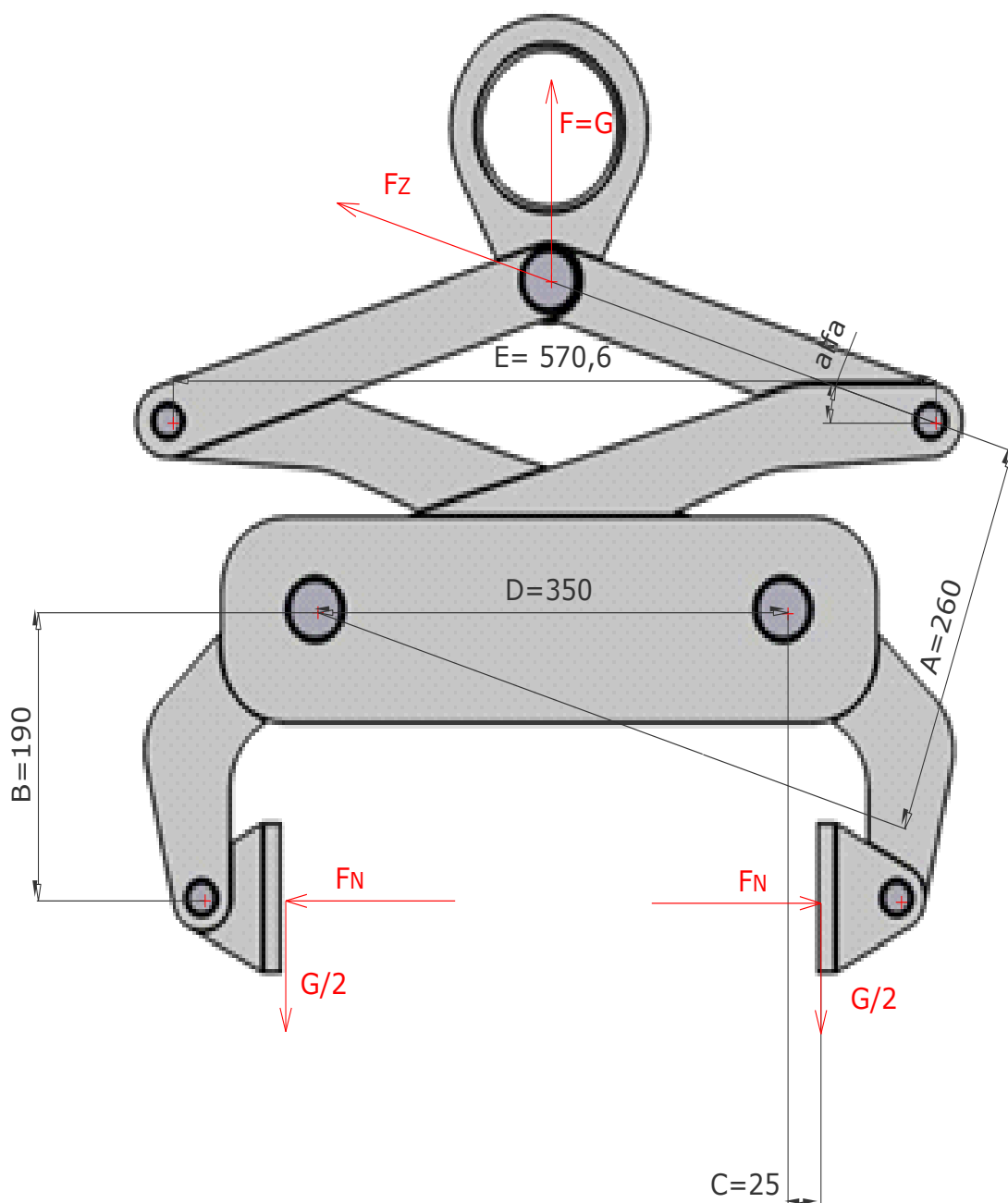
Obrázek 2.12– Samosvorné kleště [3]



Obrázek 2.13– Samosvorné kleště [3]

### 3 Konstrukční návrh samosvorných kleští

Kleště musí být schopny zvednout břemeno o maximální hmotnosti 1000 kg. Maximální rozevření kleští je 400 mm a rozsah rozevření je 100 mm. Návrh je na obrázku 3.1.



Obrázek 3.1– Samosvorné kleště [4]



### 3.1 Kontrola svěrné síly a uvolnění břemene pro maximální rozměr břemene

Svěrnou sílu kontrolujeme jak pro maximální, tak i pro minimální rozměr břemene. Hmotnost kleští zanedbáváme. Při počátečním návrhu vycházíme z předpokladu, že při maximálním rozevření je úhel  $\alpha = 18^\circ$ .

Tíha břemene

$$G = m \cdot g = 1000 \cdot 9,81 = 9810N \quad (3.1)$$

Rozměr C má kladnou hodnotu při maximálním rozměru břemene nebo zápornou hodnotu při minimálním rozměru břemene.

Vzorec pro kontrolu svěrné síly

$$F_N = \left( \frac{A}{2 \cdot \sin \alpha \cdot B} \pm \frac{C}{2 \cdot B} \right) \cdot G \quad (3.2)$$

$$F_N = k \cdot G \quad (3.3)$$

Součinitel bezpečnosti  $k \geq 1,5$

$$k = \left( \frac{A}{2 \cdot \sin \alpha \cdot B} \pm \frac{C}{2 \cdot B} \right) \geq 1,5 \quad (3.4)$$

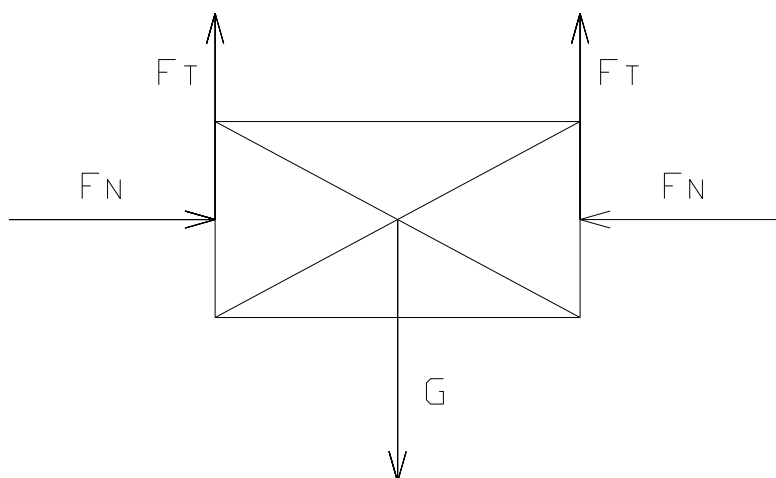
$$k = \left( \frac{0,26}{2 \cdot \sin 18^\circ \cdot 0,19} + \frac{0,025}{2 \cdot 0,19} \right) \geq 1,5$$

$$k = 2,28 \geq 1,5$$

Svěrná síla

$$F_N = k \cdot G = 2,28 \cdot 9810 = 22366,8N$$

Schopnost kleští zvedat a transportovat břemena zajišťuje podmínka  $2 \cdot F_T \geq G$ .



Obrázek 3.2 – Znázornění třecí a svěrné síly působících na břemeno [4]

Třecí síla

$$F_T = f \cdot F_N$$

$$G = 2 \cdot F_T$$

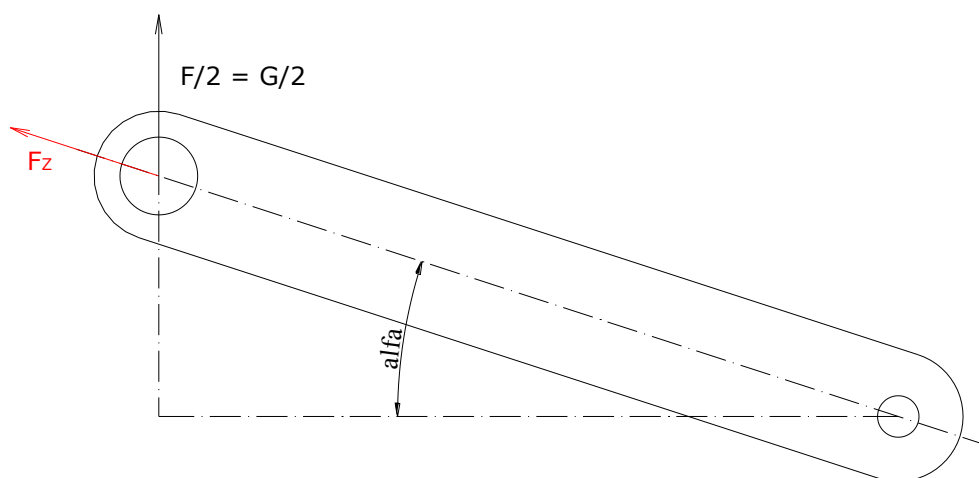
(3.5)

$$F_T = \frac{G}{2} = \frac{9810}{2} = 4905N$$

### 3.1.1 Výpočet sil pro horní rameno kleští

Horní rameno kleští je zatíženo silou  $F_z$ .

$$\alpha = 18^\circ$$



Obrázek 3.3 – Horní rameno kleští [4]

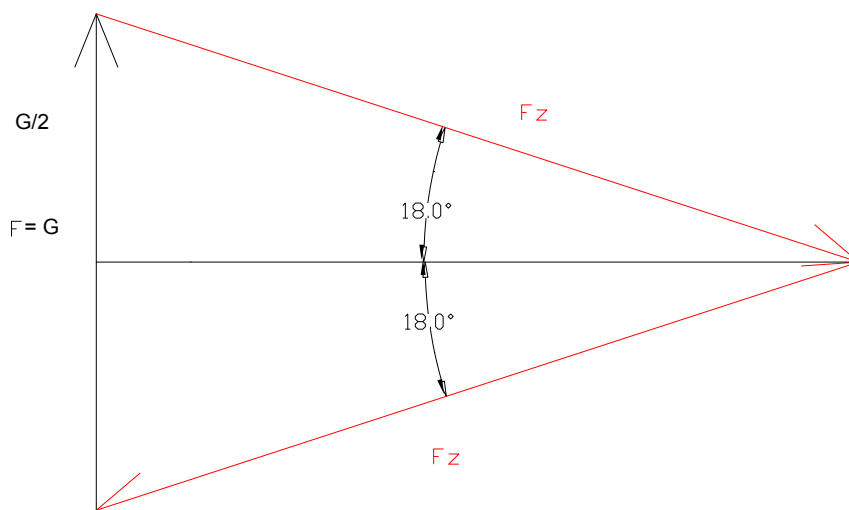
$$\text{Síla } F_Z \quad (3.6)$$

$$\sin \alpha = \frac{\frac{G}{2}}{F_Z}$$

$$F_Z = \frac{\frac{G}{2}}{\sin \alpha} = \frac{G}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{9810}{2 \cdot \sin 18^\circ} = 15872,91 \text{ N} \quad (3.7)$$

Vnitřní síla  $F_Z$  je v obou ramenech stejná.

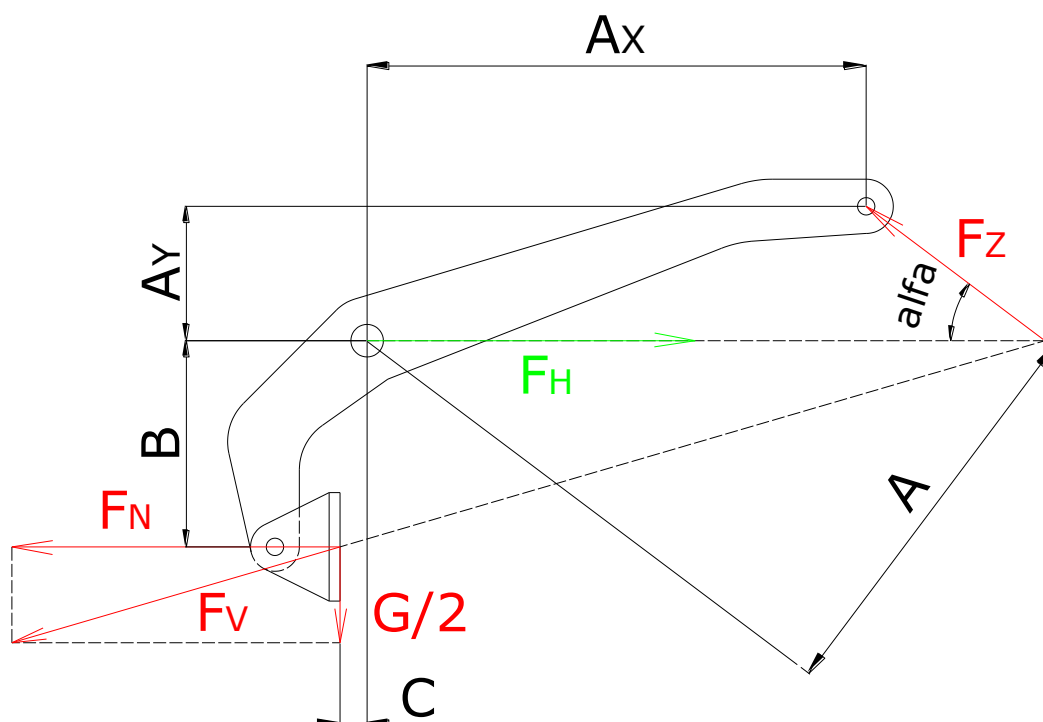
Grafické řešení síly  $F_Z$



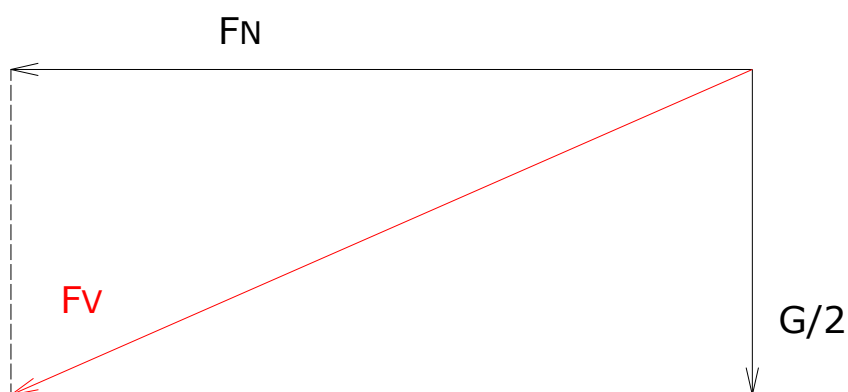
Obrázek 3.4 – Grafické znázornění sil [4]

### 3.1.2 Výpočet sil pro spodní rameno kleští

V místě 2 působí na čep síla  $F_H$ . Velikost a směr této síly musíme určit. Směr této síly určíme graficky pomocí výslednice sil  $F_N$  a  $\frac{G}{2}$  a síly  $F_Z$  působících na toto rameno.



Obrázek 3.5 – Spodní rameno kleští [4]



Obrázek 3.6 – Grafické znázornění sil [4]

Výslednice sil  $F_N$  a  $\frac{G}{2}$

$$F_V^2 = \left(\frac{G}{2}\right)^2 + F_N^2 \quad (3.8)$$

$$F_V = \sqrt{\left(\frac{G}{2}\right)^2 + F_N^2} = \sqrt{\left(\frac{9810}{2}\right)^2 + 22366,8^2} = 22898,3N$$

Statické rovnice rovnováhy pro spodní rameno

$$\sum F_y = 0 \quad (3.9)$$

$$0 = -\frac{G}{2} + F_Z \cdot \sin \alpha$$

$$\sum F_x = 0 \quad (3.10)$$

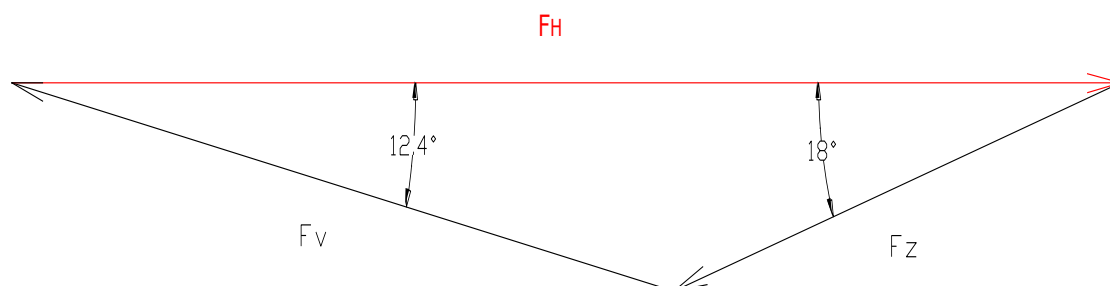
$$0 = F_N - F_H + F_Z \cdot \cos \alpha$$

$$F_H = F_N + F_Z \cdot \cos \alpha = 22366,8 + 15872,91 \cdot \cos 18^\circ = 37462,84 \text{ N}$$

$$\sum M_{O_1} = 0 \quad (3.11)$$

$$0 = -F_H \cdot B + F_Z \cdot \sin \alpha \cdot (A_x + C) + F_Z \cdot \cos \alpha \cdot (A_y + B)$$

Grafické řešení síly  $F_H$



Obrázek 3.7 – Grafické znázornění sil [4]

### 3.2 Kontrola svěrné síly a uvolnění břemene pro minimální rozměr břemene

Úhel  $\alpha$  má při sevření břemene o minimálním rozměru 300 mm hodnotu  $\alpha = 36,9^\circ$ .

$$A = 436,5 \text{ mm}$$

$$B = 205,2 \text{ mm}$$

$$C = 25 \text{ mm}$$

Tíha břemene

$$G = m \cdot g = 1000 \cdot 9,81 = 9810N \quad (3.12)$$

Rozměr C má zápornou hodnotu při minimálním rozměru břemene.

Vzorec pro kontrolu svěrné síly

$$F_N = \left( \frac{A}{2 \cdot \sin \alpha \cdot B} - \frac{C}{2 \cdot B} \right) \cdot G \quad (3.13)$$

$$F_N = k \cdot G \quad (3.14)$$

Součinitel bezpečnosti  $k \geq 1,5$

$$k = \left( \frac{A}{2 \cdot \sin \alpha \cdot B} - \frac{C}{2 \cdot B} \right) \geq 1,5 \quad (3.15)$$

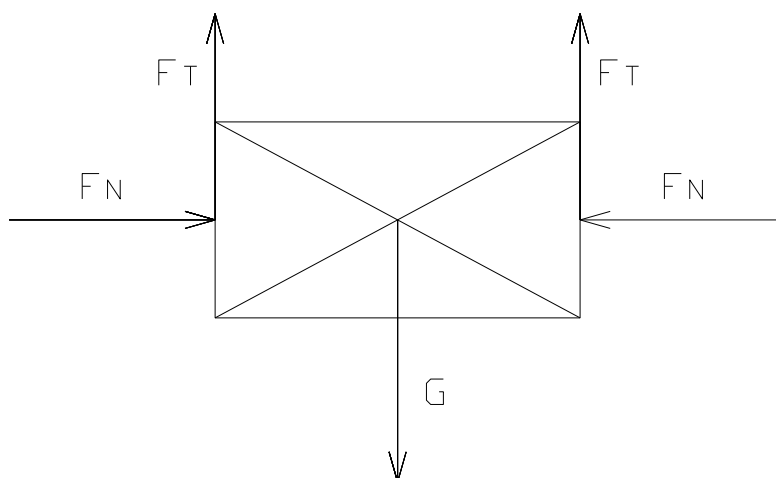
$$k = \left( \frac{0,4365}{2 \cdot \sin 36,9^\circ \cdot 0,2052} - \frac{0,025}{2 \cdot 0,2052} \right) \geq 1,5$$

$$k = 1,71 \geq 1,5$$

Svěrná síla

$$F_N = k \cdot G = 1,71 \cdot 9810 = 16775,1N \quad (3.16)$$

Schopnost kleští zvedat a transportovat břemena zajišťuje podmínka  $2 \cdot F_T \geq G$ .



Obrázek 3.8 – Znázornění třecí a svěrné síly působících na břemeno [4]

Třecí síla

$$F_T = f \cdot F_N \quad (3.17)$$

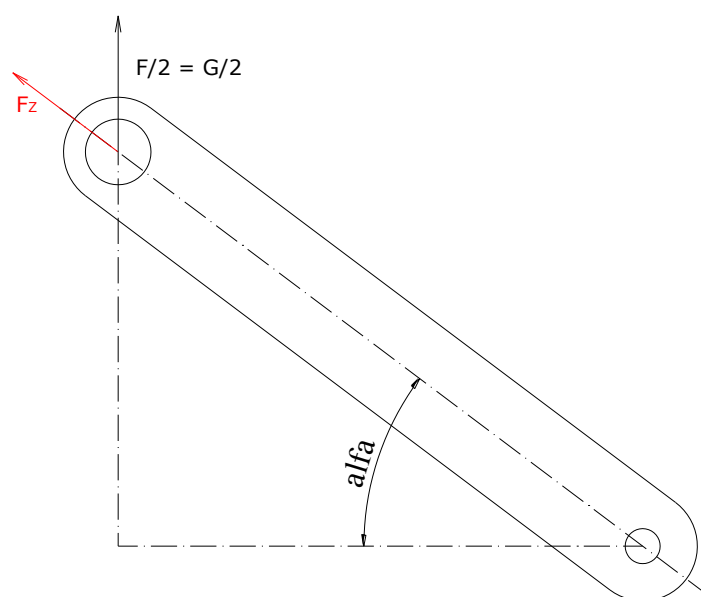
$$G = 2 \cdot F_T$$

$$F_T = \frac{G}{2} = \frac{9810}{2} = 4905$$

### 3.2.1 Výpočet sil pro horní rameno kleští

Horní rameno kleští je zatíženo silou  $F_z$ .

$$\alpha = 36,9^\circ$$



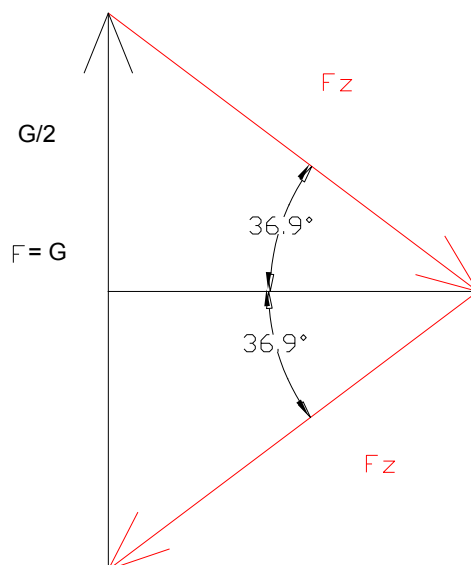
Obrázek 3.9 – Horní rameno kleští [4]

Síla  $F_z$

$$\sin \alpha = \frac{\frac{G}{2}}{F_z} \quad (3.18)$$

$$F_z = \frac{\frac{G}{2}}{\sin \alpha} = \frac{G}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{9810}{2 \cdot \sin 36,9^\circ} = 8169,28 N$$

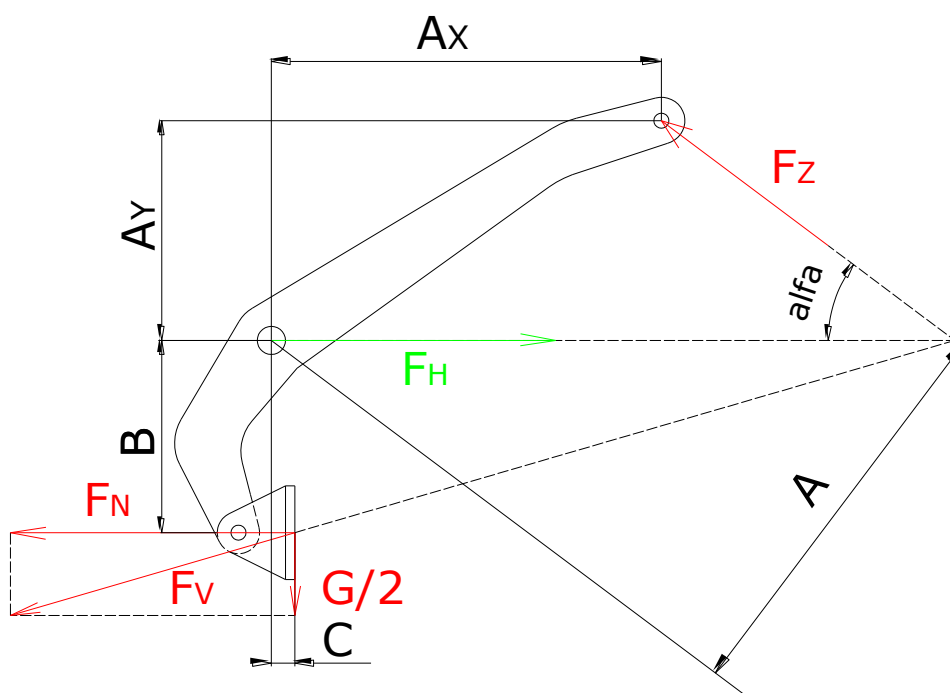
Vnitřní síla  $F_z$  je v obou ramenech stejná.

Grafické řešení síly  $F_Z$ 

Obrázek 3.10 –Grafické znázornění sil [4]

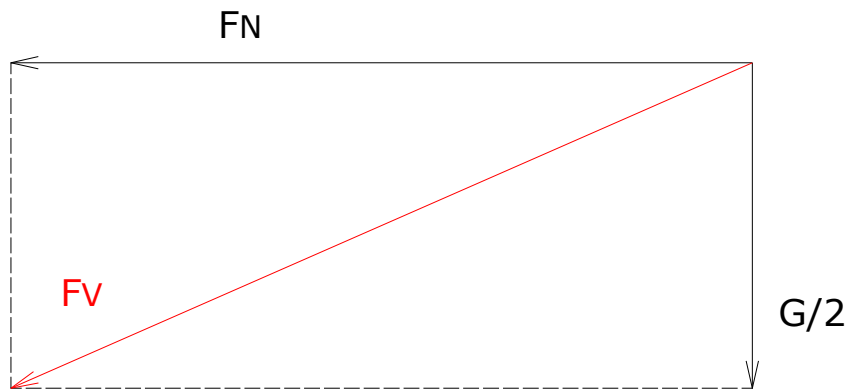
## 3.2.2 Výpočet sil pro spodní rameno kleští

V místě 2 působí na čep síla  $F_H$ . Velikost a směr této síly musíme určit. Směr této síly určíme graficky pomocí výslednice sil  $F_N$  a  $\frac{G}{2}$  a síly  $F_Z$  působících na toto rameno.



Obrázek 3.11 – Spodní rameno kleští [4]





Obrázek 3.12 – Grafické znázornění sil [4]

Výslednice sil  $F_N$  a  $\frac{G}{2}$

$$F_V^2 = \left(\frac{G}{2}\right)^2 + F_N^2 \quad (3.19)$$

$$F_V = \sqrt{\left(\frac{G}{2}\right)^2 + F_N^2} = \sqrt{\left(\frac{9810}{2}\right)^2 + 16775,1^2} = 17477,5N$$

Statické rovnice rovnováhy pro spodní rameno

$$\sum F_y = 0 \quad (3.20)$$

$$0 = -\frac{G}{2} + F_Z \cdot \sin\alpha$$

$$\sum F_x = 0 \quad (3.21)$$

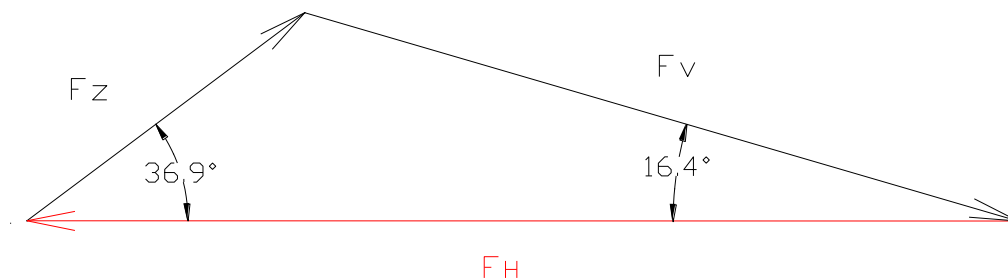
$$0 = F_N - F_H + F_Z \cdot \cos\alpha$$

$$F_H = F_N + F_Z \cdot \cos\alpha = 16775,1 + 8169,28 \cdot \cos 36,9^\circ = 23307,95N$$

$$\sum M_{O1} = 0 \quad (3.22)$$

$$0 = -F_H \cdot B + F_Z \cdot \sin\alpha \cdot (A_X + C) + F_Z \cdot \cos\alpha \cdot (A_Y + B)$$

Grafické řešení síly  $F_H$



Obrázek 3.13 – Grafické znázornění sil [4]

## 4 Kontrola čepů

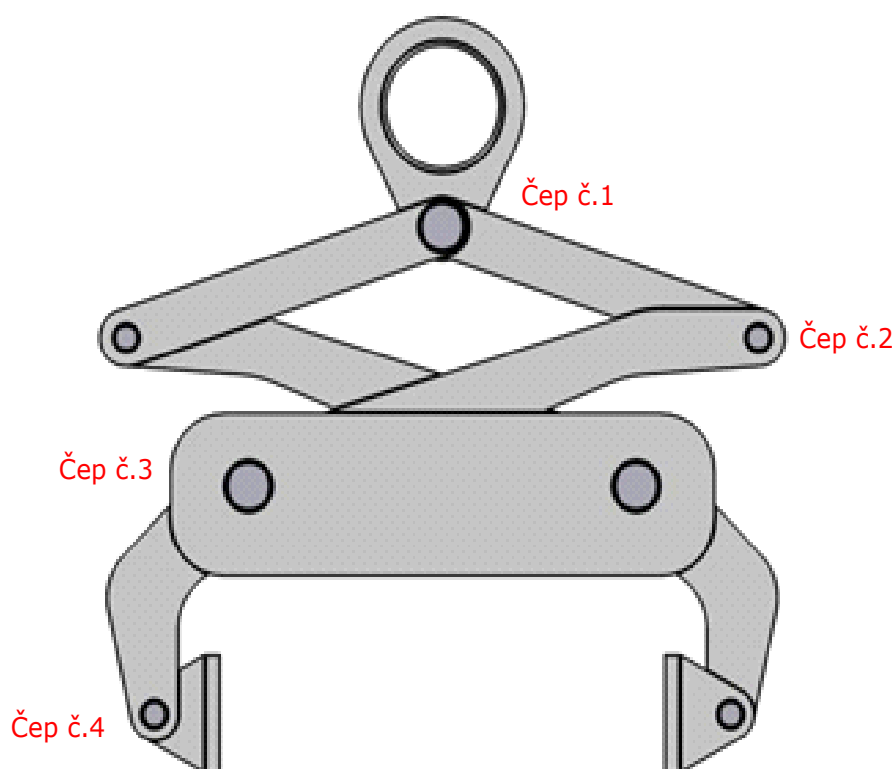
Zvolený materiál čepů je 11600.

Mez kluzu  $R_e = 325 \text{ MPa}$

Dovolené napětí v ohybu  $\sigma_{OD} = 140 \text{ MPa}$

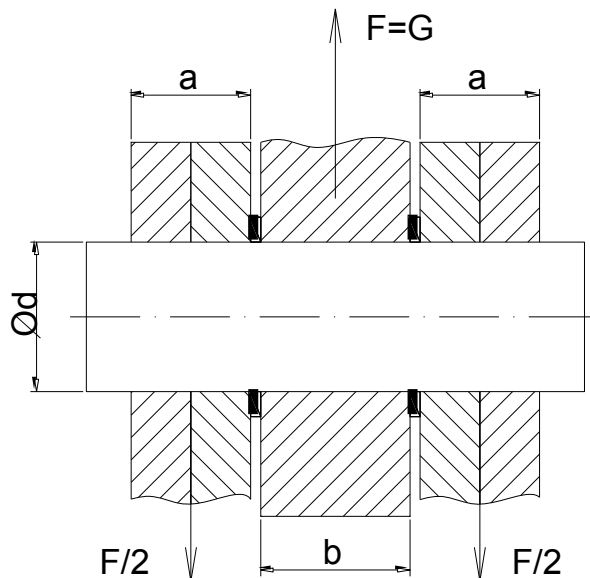
Dovolené napětí ve střihu  $\tau_{SD} = 90 \text{ MPa}$

Dovolené napětí v tlaku  $p_D = 90 \text{ MPa}$



Obrázek 4.1 – Schéma kleští [4]

## 4.1 Kontrola čepu č.1



Obrázek 4.2 – Znázornění sil působících na čep č.1 [4]

$a = 2 \cdot 12 \text{ mm}$ ,  $b = 30 \text{ mm}$ , průměr čepu  $d = 30 \text{ mm}$

Kontrola na ohyb

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{oD} \quad (4.1)$$

Modul průřezu

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (4.2)$$

Ohybový moment

$$M_o = \frac{F}{8} \cdot (2a + b) \quad (4.3)$$

$$\sigma_o = \frac{\frac{F}{8} \cdot (2a + b)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{oD} \quad (4.4)$$

$$\frac{4F \cdot (2a + b)}{\pi d^3} \leq \sigma_{oD}$$

$$d^3 \geq \frac{4F \cdot (2a+b)}{\pi \cdot \sigma_{oD}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{4F \cdot (2a+b)}{\pi \cdot \sigma_{oD}}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 9810 \cdot (2 \cdot 0,024 + 0,03)}{\pi \cdot 140000000}} = 19,1 \text{ mm}$$

Průměr 30 mm vyhovuje.

$$\sigma_o = \frac{4 \cdot 9810 \cdot (2 \cdot 0,024 + 0,03)}{\pi \cdot 0,03^3} = 36,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{oD}$$

Kontrola na střih

$$\tau_S = \frac{F}{2 \cdot S} \quad (4.5)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.6)$$

$$\tau_S = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{SD} \quad (4.7)$$

$$d^2 \geq \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{SD}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{2 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{SD}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9810}{\pi \cdot 90000000}} = 8,3 \text{ m}$$

Průměr 30 mm vyhovuje.

$$\tau_S = \frac{2 \cdot 9810}{\pi \cdot 0,03^2} = 6,94 \text{ MPa}$$

$$\tau_S \leq \tau_{SD}$$

Kontrola na otláčení

$$p_1 = \frac{F}{a \cdot b} \leq p_D \quad (4.8)$$

$$p_1 = \frac{9810}{0,03 \cdot 0,03} = 10,9 \text{ MPa}$$

$$p_D = 90 \text{ MPa} \quad p_1 \leq p_D$$

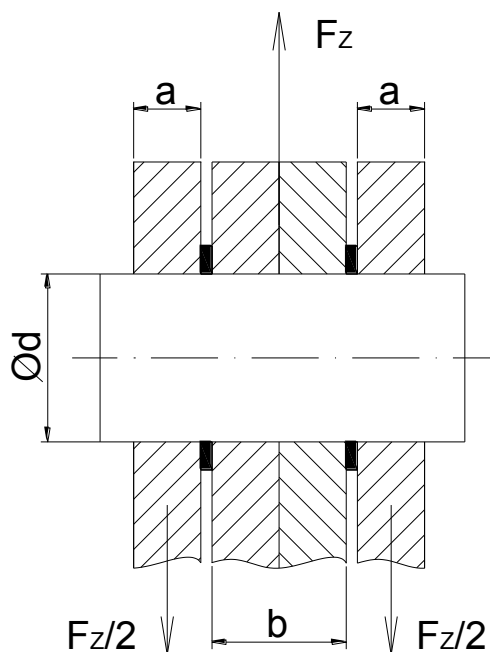
podmínka splněna

$$p_2 = \frac{F}{4a \cdot d} \leq p_D \quad (4.9)$$

$$p_2 = \frac{9810}{4 \cdot 0,012 \cdot 0,03} = 6,8 \text{ MPa}$$

$$p_D = 90 \text{ MPa} \quad p_2 \leq p_D \quad \text{podmínka splněna}$$

## 4.2 Kontrola čepu č.2



Obrázek 4.3 – Znázornění sil působících na čep č.2 [4]

$a = 12 \text{ mm}$ ,  $b = 2 \cdot 12 \text{ mm}$ , průměr čepu  $d = 16 \text{ mm}$

Kontrola na stříh

$$\tau_S = \frac{F_Z}{2 \cdot S} \quad (4.10)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.11)$$

$$\tau_S = \frac{2 \cdot F_Z}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{SD} \quad (4.12)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{2 \cdot F_Z}{\pi \cdot \tau_{SD}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 15872,91}{\pi \cdot 90000000}} = 10,6 \text{ mm}$$

Průměr 16 mm vyhovuje.

$$\tau_s = \frac{2 \cdot 15872,91}{\pi \cdot 0,016^2} = 39,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_s \leq \tau_{SD}$$

Kontrola na otláčení

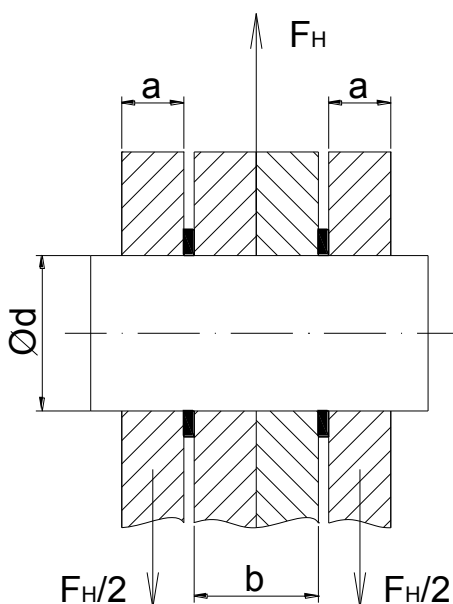
$$p = \frac{F_z}{d \cdot b} \leq p_D \quad (4.13)$$

$$p = \frac{15872,91}{0,016 \cdot 0,024} = 41,3 \text{ MPa}$$

$$p_D = 90 \text{ MPa} \quad p \leq p_D$$

podmínka splněna

### 4.3 Kontrola čepu č.3



Obrázek 4.4 – Znázornění sil působících na čep č.3 [4]

$a = 12 \text{ mm}$ ,  $b = 2 \cdot 12 \text{ mm}$ , průměr čepu  $d = 30 \text{ mm}$

Kontrola na stříh

$$\tau_s = \frac{F_H}{2 \cdot S} \quad (4.14)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.15)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot F_H}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{SD} \quad (4.16)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{2 \cdot F_H}{\pi \cdot \tau_{SD}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 37462,84}{\pi \cdot 90000000}} = 16,3 \text{ mm}$$

Průměr 30 mm vyhovuje.

$$\tau_S = \frac{2 \cdot 37462}{\pi \cdot 0,03^2} = 26,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_S \leq \tau_{SD}$$

Kontrola na otlačení

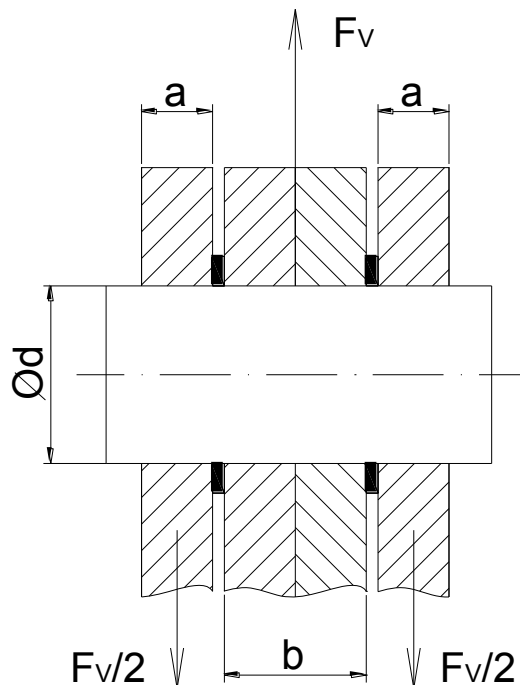
$$p = \frac{F_H}{d \cdot b} \leq p_D \quad (4.17)$$

$$p = \frac{37462,84}{0,03 \cdot 0,024} = 52,03 \text{ MPa}$$

$$p_D = 90 \text{ MPa} \quad p \leq p_D$$

podmínka splněna

#### 4.4 Kontrola čepu č.4



Obrázek 4.5 – Znázornění sil působících na čep č.4 [4]

$a = 12 \text{ mm}$ ,  $b = 2 \cdot 12 \text{ mm}$ , průměr čepu  $d = 16 \text{ mm}$

Kontrola na stříh

$$\tau_S = \frac{F_V}{2 \cdot S} \quad (4.18)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.19)$$

$$\tau_S = \frac{2 \cdot F_V}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{SD} \quad (4.20)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{2 \cdot F_V}{\pi \cdot \tau_{SD}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 22898,3}{\pi \cdot 90000000}} = 12,7 \text{ mm}$$

Průměr 16 mm vyhovuje.

$$\tau_S = \frac{2 \cdot 22898,3}{\pi \cdot 0,016^2} = 56,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_S \leq \tau_{SD}$$

Kontrola na otlačení

$$p = \frac{F_v}{d \cdot b} \leq p_D \quad (4.21)$$

$$p = \frac{22898,3}{0,016 \cdot 0,024} = 59,6 \text{ MPa}$$

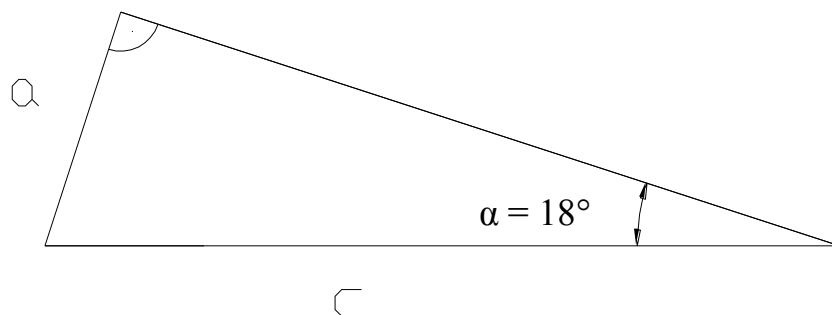
$$p_D = 90 \text{ MPa} \quad p \leq p_D$$

podmínka splněna





Vliv změny rozteče čepů na rozměr A.



Obrázek 5.2 – Pomocný trojúhelník [4]

Pomocí goniometrických funkcí určíme velikost posunu malé a

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad (5.1)$$

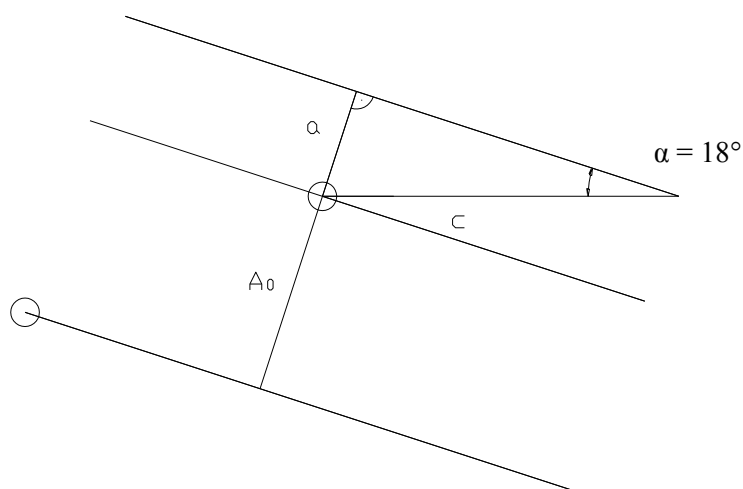
$$a = \sin \alpha \cdot c$$

Celkovou rozteč E dostaneme přičtením  $2 \cdot c$  k počáteční rozteči  $E_0$ .

$$E_0 = 570,6 \text{ mm}$$

$$E = E_0 + 2 \cdot c \quad (5.2)$$

Tuto hodnotu poté přičteme nebo při posuvu čepů směrem k ose kleští odečteme od velikosti  $A_0$ .



Obrázek 5.3 – Pomocné schéma [4]

$$A_0 = 260 \text{ mm}$$

$$A = A_0 + a \quad (5.3)$$

$$A = A_0 + \sin\alpha \cdot c$$

Změna velikosti A bude mít vliv na velikost svěrné síly.

$$F_N = \left( \frac{A}{2 \cdot \sin\alpha \cdot B} \pm \frac{c}{2 \cdot B} \right) \cdot G \quad (5.4)$$

Dosadíme do vzorce A

$$F_N = \left( \frac{A_0 + \sin\alpha \cdot c}{2 \cdot \sin\alpha \cdot B} \pm \frac{c}{2 \cdot B} \right) \cdot G \quad (5.5)$$

Aby samosvorné kleště břemeno udržely, musíme určit minimální hodnotu svěrné síly  $F_{Nmin}$ , kterou stanovíme z podmínky pro bezpečnost  $k \geq 1,5$ .

$$F_{Nmin} = k \cdot G = 1,5 \cdot 9810 = 14715N \quad (5.6)$$

Změna velikosti síly  $F_N$  ovlivní velikost síly  $F_H$

$$F_H = F_N + F_Z \cdot \cos\alpha \quad (5.7)$$

Vliv změny rozteče čepů na celkovou stavební výšku kleští

$$tg\alpha = \frac{x_1}{\frac{E}{2} + c} \quad (5.8)$$

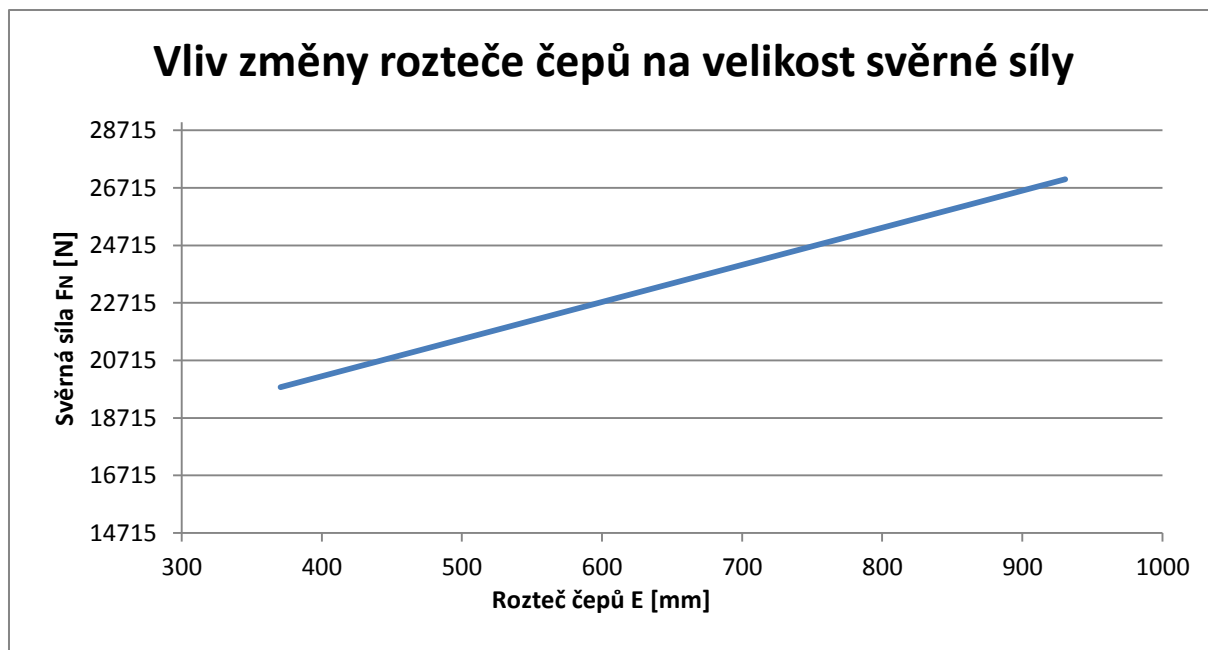
$$X_1 = \left( \frac{E}{2} + c \right) \cdot tg\alpha$$

$$X = B + Ay + X_1 \quad (5.9)$$

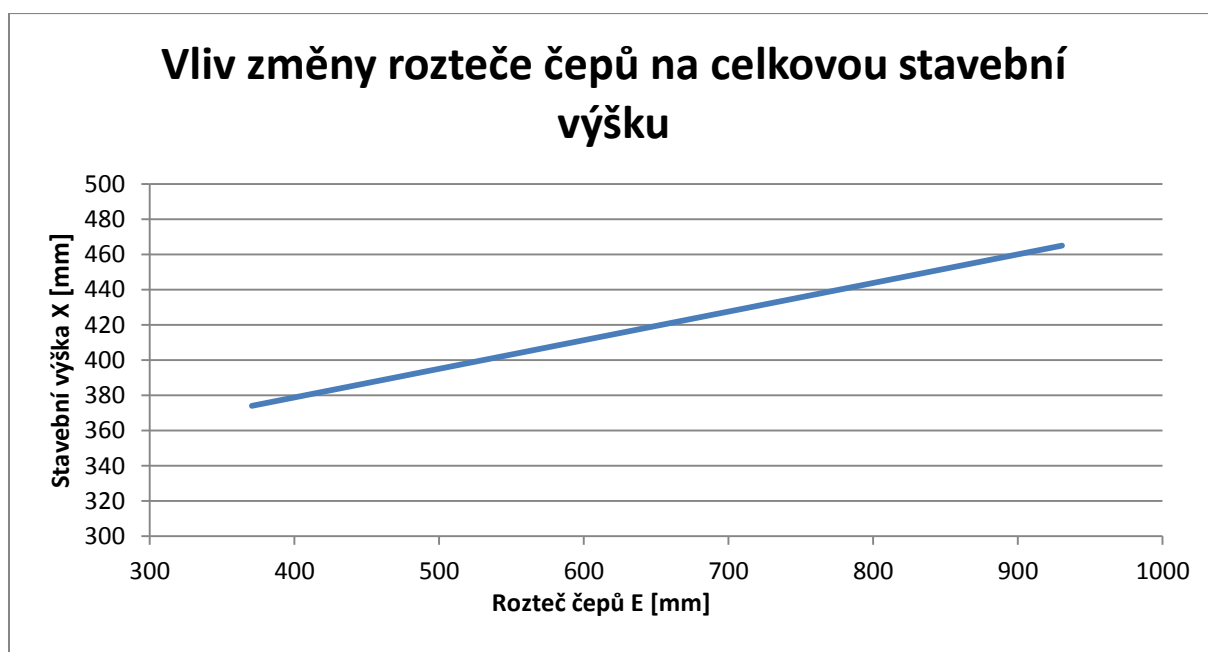
$$X = B + Ay + \left( \frac{E}{2} + c \right) \cdot tg\alpha$$

Tabulka 5.1

A	B	C	E	k	F <sub>H</sub>	F <sub>N</sub>	X
229,10	190,00	25,00	370,60	2,02	34880,68	19784,64	374,01
232,19	190,00	25,00	390,60	2,04	35138,84	20042,80	377,26
235,28	190,00	25,00	410,60	2,07	35397,00	20300,96	380,51
238,37	190,00	25,00	430,60	2,10	35655,16	20559,12	383,76
241,46	190,00	25,00	450,60	2,12	35913,31	20817,28	387,00
244,55	190,00	25,00	470,60	2,15	36171,47	21075,43	390,25
247,64	190,00	25,00	490,60	2,17	36429,63	21333,59	393,50
250,73	190,00	25,00	510,60	2,20	36687,79	21591,75	396,75
253,82	190,00	25,00	530,60	2,23	36945,95	21849,91	400,00
256,91	190,00	25,00	550,60	2,25	37204,10	22108,07	403,25
260,00	190,00	25,00	570,60	2,28	37462,26	22366,22	406,50
263,09	190,00	25,00	590,60	2,31	37720,42	22624,38	409,75
266,18	190,00	25,00	610,60	2,33	37978,58	22882,54	413,00
269,27	190,00	25,00	630,60	2,36	38236,74	23140,70	416,25
272,36	190,00	25,00	650,60	2,39	38494,89	23398,86	419,50
275,45	190,00	25,00	670,60	2,41	38753,05	23657,01	422,75
278,54	190,00	25,00	690,60	2,44	39011,21	23915,17	425,99
281,63	190,00	25,00	710,60	2,46	39269,37	24173,33	429,24
284,72	190,00	25,00	730,60	2,49	39527,52	24431,49	432,49
287,81	190,00	25,00	750,60	2,52	39785,68	24689,64	435,74
290,90	190,00	25,00	770,60	2,54	40043,84	24947,80	438,99
293,99	190,00	25,00	790,60	2,57	40302,00	25205,96	442,24
297,08	190,00	25,00	810,60	2,60	40560,16	25464,12	445,49
300,17	190,00	25,00	830,60	2,62	40818,31	25722,28	448,74
303,26	190,00	25,00	850,60	2,65	41076,47	25980,43	451,99
306,35	190,00	25,00	870,60	2,67	41334,63	26238,59	455,24
309,44	190,00	25,00	890,60	2,70	41592,79	26496,75	458,49
312,53	190,00	25,00	910,60	2,73	41850,95	26754,91	461,74
315,62	190,00	25,00	930,60	2,75	42109,10	27013,07	464,99



Graf 5.1

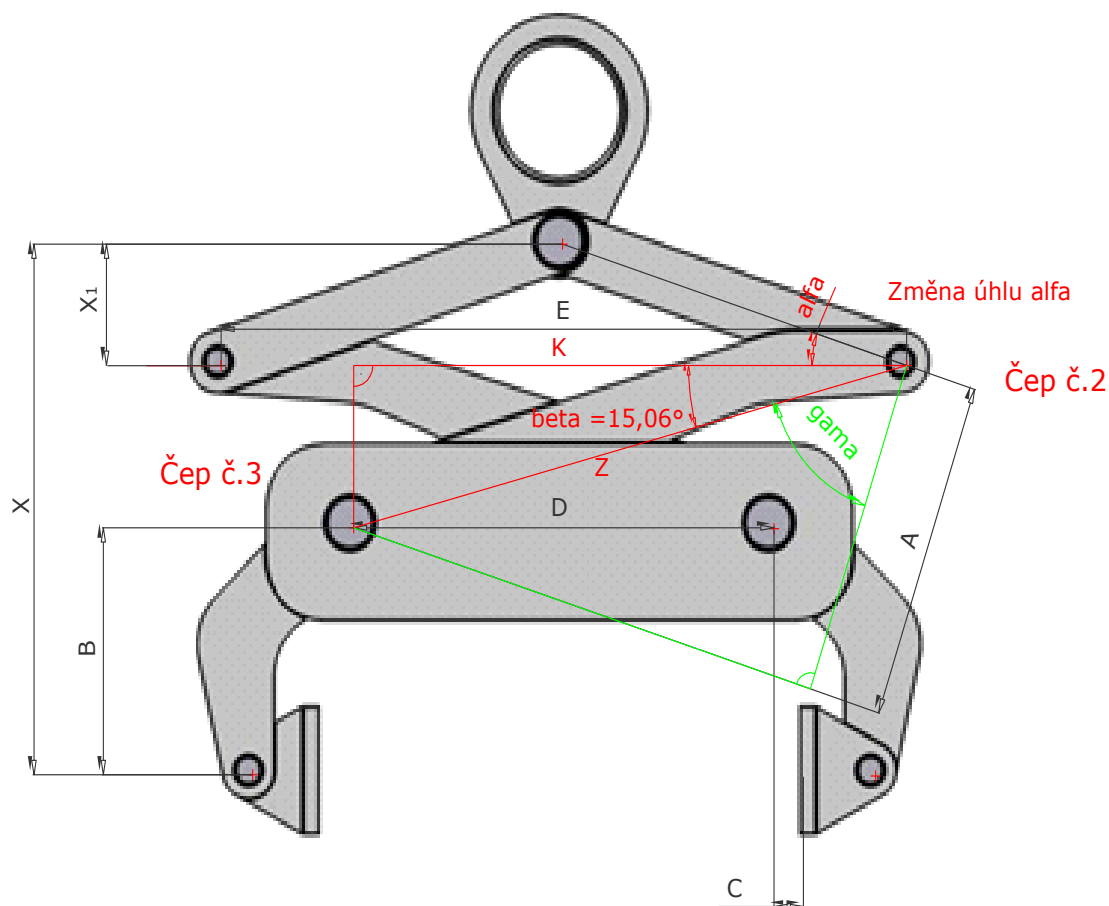


Graf 5.2

Z grafu 5.1 je patrné, že s rostoucí roztečí čepů E se hodnota svěrné síly  $F_N$  zvětšuje. Díky grafu 5.2 můžeme pozorovat, že s rostoucí roztečí čepů E se stavební výška X zvětšuje.

Po porovnání obou grafů jsme došli k závěru, že nejvýhodnější pro minimální stavební výšku kleští bude nejmenší rozteč čepů E, která ale nepříznivě ovlivní velikost svěrné síly  $F_N$ , avšak koeficient bezpečnosti k je stále dostatečný.

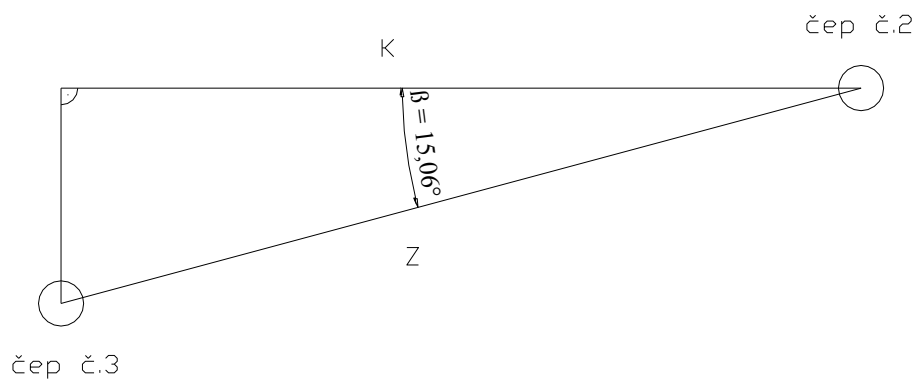
## 5.2 Vliv úhlu $\alpha$ na stavební výšku



Obrázek 5.4 – Změna úhlu  $\alpha$  [4]

Jako druhý parametr, který má vliv na stavební výšku kleští, budeme měnit úhel  $\alpha$  v rozmezí  $15^\circ$ -  $20^\circ$ . Rozteče čepů zůstanou zachovány. Změna úhlu  $\alpha$  bude mít vliv na velikost svěrné síly  $F_N$  a také na sílu  $F_Z$  působící v horních ramenech kleští. Rozměr  $A$  bude také touto změnou ovlivněn.

Nejprve určíme vzdálenost K mezi čepy číslo 2. a číslo 3.



Obrázek 5.5 – Pomocné schéma [4]

$$K = \frac{(E-D)}{2} + D \quad (5.10)$$

Z návrhu samosvorných kleští jsme určili úhel  $\beta = 15,06^\circ$ .

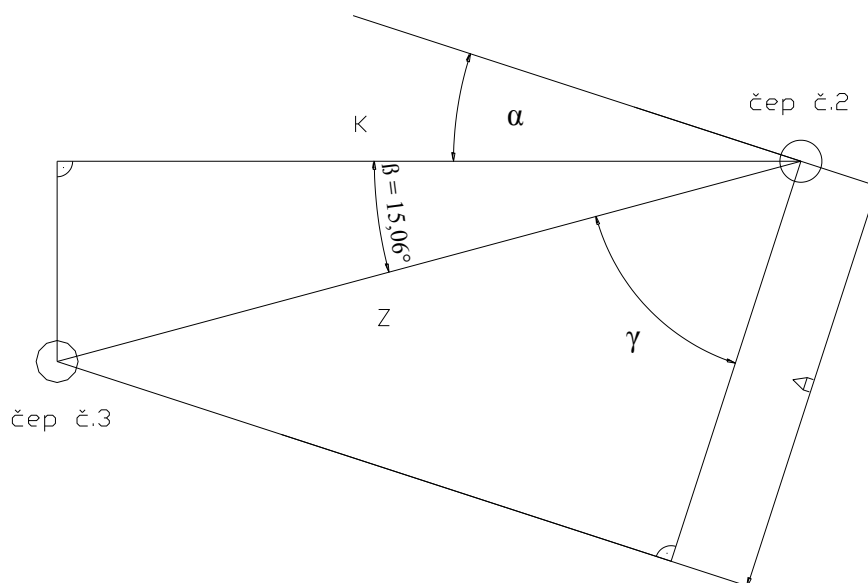
Pomocí rozměru K a úhlu  $\beta$  určíme velikost rozměru Z.

$$\cos \beta = \frac{K}{Z} \quad (5.11)$$

$$Z = \frac{K}{\cos \beta}$$

$$Z = \frac{\left[ \frac{(E-D)}{2} + D \right]}{\cos \beta} \quad (5.12)$$

Pomocí rozměru Z můžeme určit hodnotu A při natočení o úhel  $\alpha$ .



Obrázek 5.6 – Pomocné schéma [4]

Nejprve zjistíme úhel  $\gamma$ .

$$\gamma = 90 - (\alpha + \beta) \quad (5.13)$$

Úhel  $\alpha$  se mění v rozmezí  $15^\circ$  až  $20^\circ$  a úhel  $\beta$  je konstantní.

Výsledný rozměr A.

$$\cos\gamma = \frac{A}{Z} \quad (5.14)$$

$$A = \cos\gamma \cdot Z$$

Do vzorce dosadíme Z.

$$A = \cos\gamma \cdot \frac{\left[\frac{(E-D)}{2} + D\right]}{\cos\beta} \quad (5.15)$$

Změna úhlu  $\alpha$  a velikosti A bude mít vliv na velikost svěrné síly.

$$F_N = \left( \frac{A}{2 \cdot \sin\alpha \cdot B} \pm \frac{C}{2 \cdot B} \right) \cdot G \quad (5.16)$$

Dosadíme do vzorce A:

$$F_N = \left( \frac{\cos\gamma \cdot \frac{\left[\frac{(E-D)}{2} + D\right]}{\cos\beta}}{2 \cdot \sin\alpha \cdot B} \pm \frac{C}{2 \cdot B} \right) \cdot G \quad (5.17)$$

Minimální hodnota svěrné síly.

$$F_{Nmin} = 14715N$$

Změna úhlu  $\alpha$  bude mít také vliv na velikost síly  $F_Z$ .

$$F_Z = \frac{G}{2 \cdot \sin\alpha} \quad (5.18)$$



Změna velikosti síly  $F_N$  a velikosti síly  $F_Z$  ovlivní velikost síly  $F_H$

$$F_H = F_N + F_Z \cdot \cos \alpha \quad (5.19)$$

Vliv změny úhlu  $\alpha$  na celkovou stavební výšku kleští

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_1}{\frac{E}{2}} \quad (5.20)$$

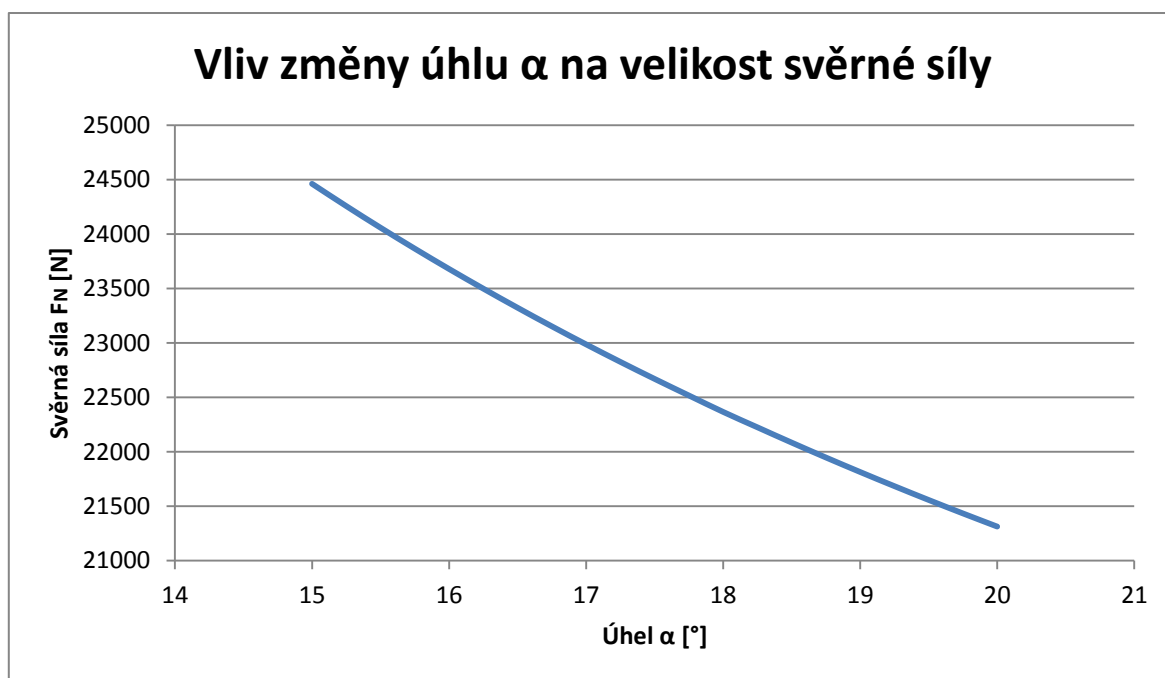
$$X_1 = \frac{E}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$X = B + Ay + X_1 \quad (5.21)$$

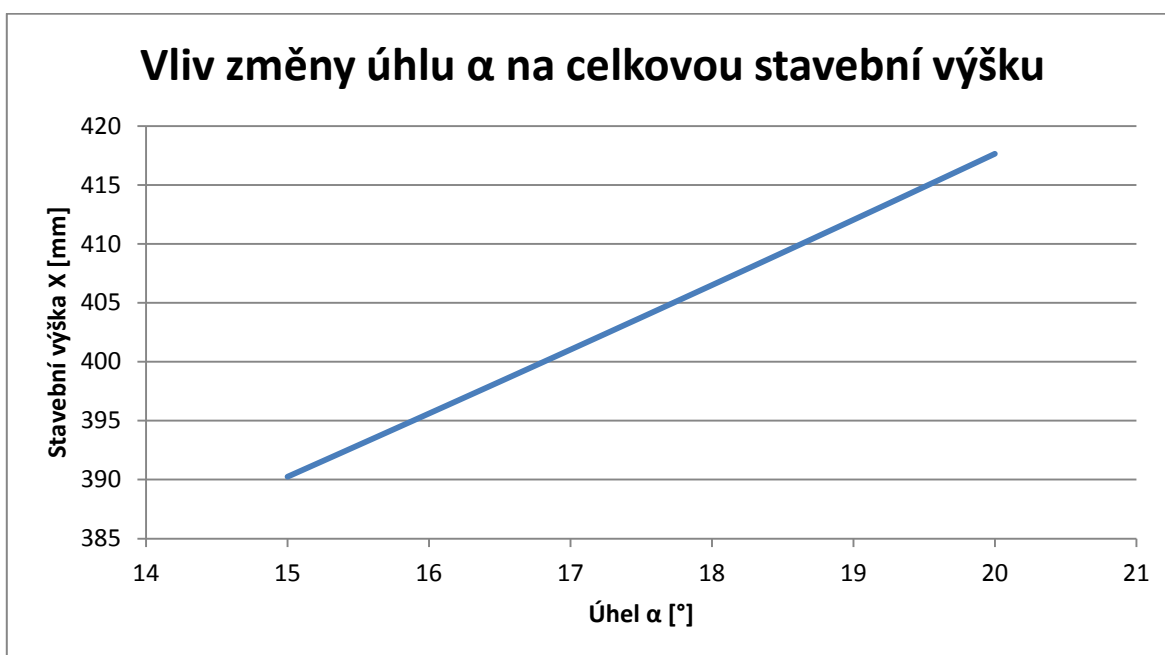
$$X = B + Ay + \frac{E}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Tabulka 5.2

A	B	C	E	$\alpha$	k	$F_Z$	$F_H$	$F_N$	X
238,77	190	25	570,6	15	2,49	18951,46	42766,91	24461,20	390,25
240,57	190	25	570,6	15,25	2,47	18647,98	42247,60	24256,27	391,58
242,36	190	25	570,6	15,5	2,45	18354,40	41744,65	24057,79	392,92
244,15	190	25	570,6	15,75	2,43	18070,26	41257,29	23865,47	394,26
245,93	190	25	570,6	16	2,41	17795,12	40784,77	23679,00	395,61
247,71	190	25	570,6	16,25	2,40	17528,56	40326,42	23498,13	396,96
249,49	190	25	570,6	16,5	2,38	17270,19	39881,59	23322,59	398,31
251,26	190	25	570,6	16,75	2,36	17019,65	39449,68	23152,14	399,67
253,02	190	25	570,6	17	2,34	16776,59	39030,10	22986,57	401,02
254,78	190	25	570,6	17,25	2,33	16540,68	38622,34	22825,66	402,39
256,54	190	25	570,6	17,5	2,31	16311,62	38225,88	22669,21	403,75
258,29	190	25	570,6	17,75	2,30	16089,13	37840,24	22517,03	405,13
260,00	190	25	570,6	18	2,28	15872,91	37462,26	22366,22	406,50
261,77	190	25	570,6	18,25	2,27	15662,73	37099,65	22224,77	407,88
263,51	190	25	570,6	18,5	2,25	15458,33	36743,87	22084,37	409,26
265,24	190	25	570,6	18,75	2,24	15259,48	36397,25	21947,59	410,65
266,97	190	25	570,6	19	2,22	15065,97	36059,43	21814,28	412,04
268,69	190	25	570,6	19,25	2,21	14877,58	35730,07	21684,30	413,43
270,40	190	25	570,6	19,5	2,20	14694,13	35408,83	21557,53	414,83
272,11	190	25	570,6	19,75	2,18	14515,41	35095,41	21433,85	416,23
273,82	190	25	570,6	20	2,17	14341,26	34789,52	21313,14	417,64



Graf 5.3



Graf 5.4

Z grafu 5.3 je patrné, že s rostoucím úhlem  $\alpha$  hodnota svěrné síly  $F_N$  klesá. Z grafu 5.4 můžeme vypořadovat, že s rostoucím úhlem  $\alpha$  se celková stavební výška  $X$  zvětšuje.

Po porovnání výsledků obou grafu zjistíme, že nejmenší hodnota úhlu  $\alpha$  zajišťuje minimální stavební výšku a také maximální hodnotu svěrné síly  $F_N$ .

Srovnáním výsledku obou analýz docházíme k závěru, že redukce vzdáleností čepů E a snížení velikosti úhlu  $\alpha$  má příznivý vliv na minimalizaci stavební výšky samosvorných kleští.

## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh samosvorných kleští pro přepravu břemen s maximální hmotností 1000 kg a s možností maximálního rozevření kleští 400 mm. S rozsahem rozevření kleští 100 mm. Dalším cílem této práce byla kinematická analýza kleští pro minimální stavební výšku.

Na počátku byl návrh rozměrů kleští, při dodržení zadaných parametrů. Tento návrh vychází z předpokladu, že pokud kleště sevřou břemeno o maximálním rozměru je úhel  $\alpha$  v rozmezí  $15^\circ - 20^\circ$ . Poté bylo zapotřebí zvolené rozměry zkontrolovat silovými výpočty. Prvořadá je kontrola svěrné síly  $F_N$  pro udržení břemene. Při této kontrole se hmotnost kleští zanedbává a v úvahu je brána pouze hmotnost břemene. Silové výpočty byly provedeny jak pro maximální, tak pro minimální rozměr břemene. Dále byly zkontrolovány všechny čepy v samosvorných kleštích.

Dalším krokem této práce je kinematická analýza kleští pro minimální stavební výšku. Při této analýze bereme v úvahu vliv vzdálenosti čepů E na celkovou stavební výšku X a také změnu úhlu  $\alpha$  v předepsaném rozmezí. Z první analýzy je patrné, že pokud budeme vzdálenost čepů E zmenšovat, stavební výška kleští se zmenší, ale také svěrná síla  $F_N$  bude klesat, avšak při zachování dostatečného koeficientu bezpečnosti. Při druhé analýze jsme došli k výsledku, že pro minimalizaci stavební výšky a také pro maximální hodnotu svěrné síly  $F_N$ , má příznivý vliv zmenšování úhlu  $\alpha$  v zadaném rozmezí.

Porovnáním obou analýz docházíme k výsledku, že kladně ovlivní minimální stavební výšku zmenšení vzdálenosti čepů E a snížení velikosti úhlu  $\alpha$ .

## 7 Seznam použité literatury

- [1] LEINVEBER, Jan; Vávra, Pavel. *Strojnické tabulky: Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vydání. Praha: ALBRA, 2003. 872 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [2] JANDOUŠ, V.; *Manipulační zařízení*. 1. vydání. Bratislava: ALFA, 1981. 334 s. ISBN 63-727-81.
- [3] HLAVENKA, B.; *Manipulace s materiálem*. 1. vydání. Brno: VUT, 1990. 164 s. ISBN 80-214-0068-4.
- [4] PAVLISKA, J.; HRABOVSKÝ, L.; *Dopravní a manipulační zařízení IV*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 133 s. ISBN 80-248-0537-5.

### Internetové stránky

- [5] *Uniman* [online]. 2015 [cit. 2015-03-20]. Uchopovací prostředky. Dostupné z: [www.uniman.cz](http://www.uniman.cz)
- [6] *Prestar* [online]. 2015 [cit. 2015-03-20]. Kleště. Dostupné z: [www.prestar-lifting.cz](http://www.prestar-lifting.cz)
- [7] *Vazáky* [online]. 2015 [cit. 2015-03-20]. Vazáky. Dostupné z: [www.vazaky.com](http://www.vazaky.com)

### Obrázky

- [1] webové stránky: [www.vazaky.com](http://www.vazaky.com)
- [2] webové stránky: [www.vingu.cz](http://www.vingu.cz)
- [3] webové stránky: [www.prestar-lifting.cz](http://www.prestar-lifting.cz)
- [4] obrázky vytvořené autorem práce

## 8 Přílohy

Příloha A	Výkres sestavy samosvorných kleští	VAJ0009-1
Příloha B	Výrobní výkres spodního ramene kleští	VAJ0009-1-01
Příloha C	Výrobní výkres horního ramene kleští	VAJ0009-1-02

Jako další příloha je CD-ROM s výkresy a s výpočty v programu Excel.